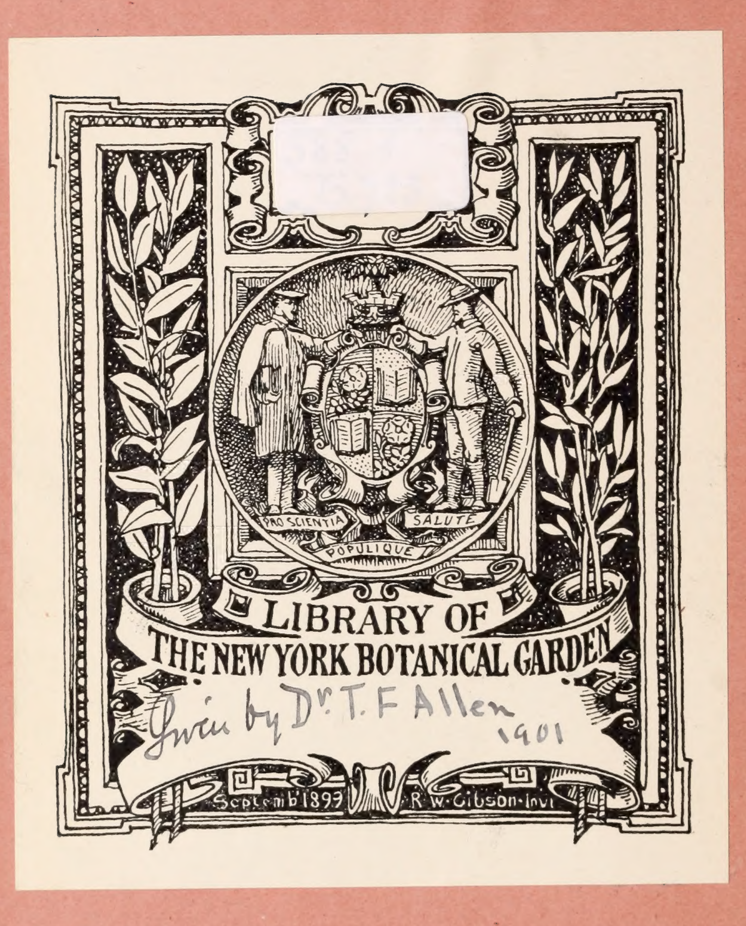
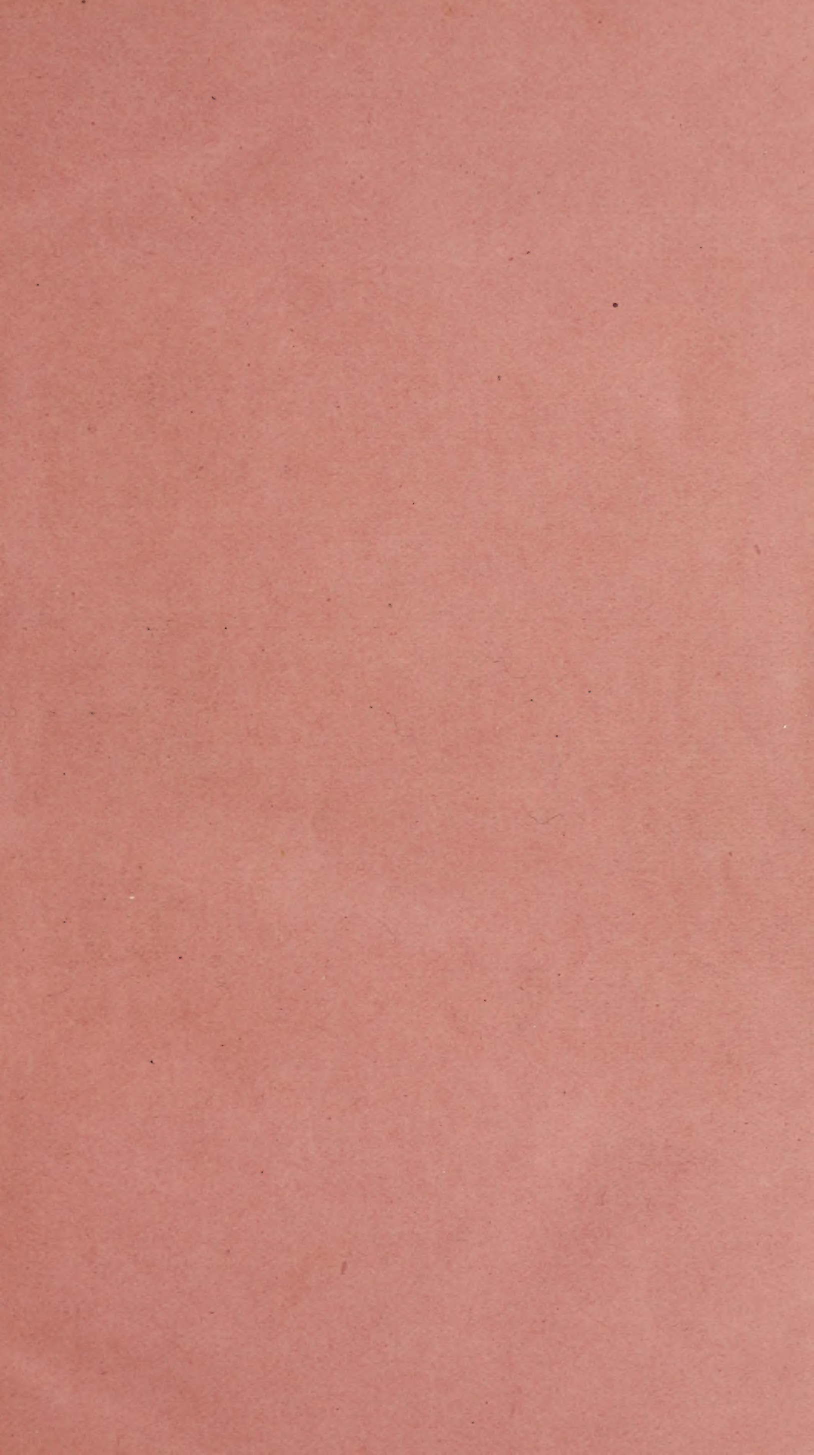
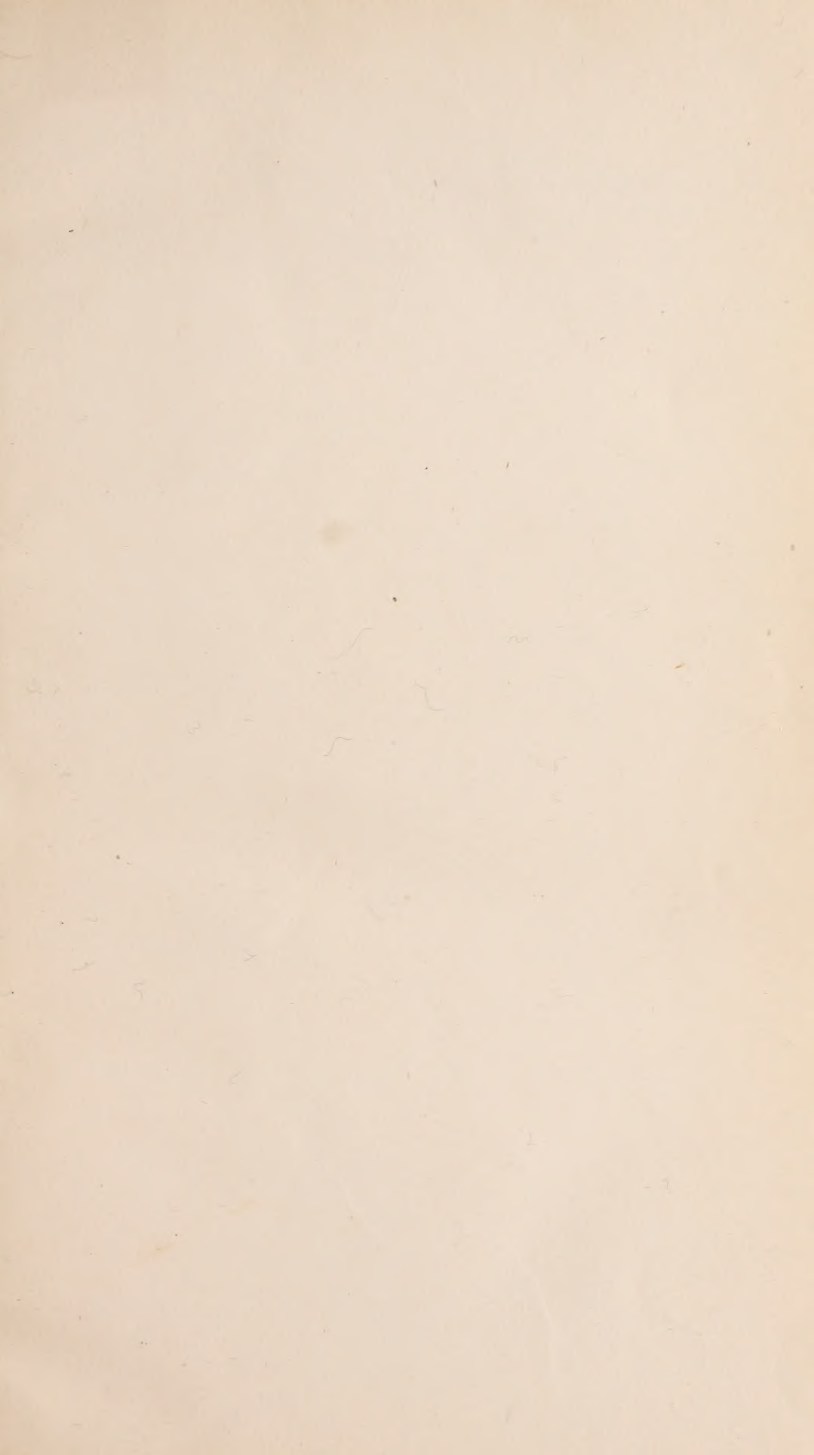



PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Given by Dr. T. F Allen
1901
Septemb 1899
R W Gibson Invt

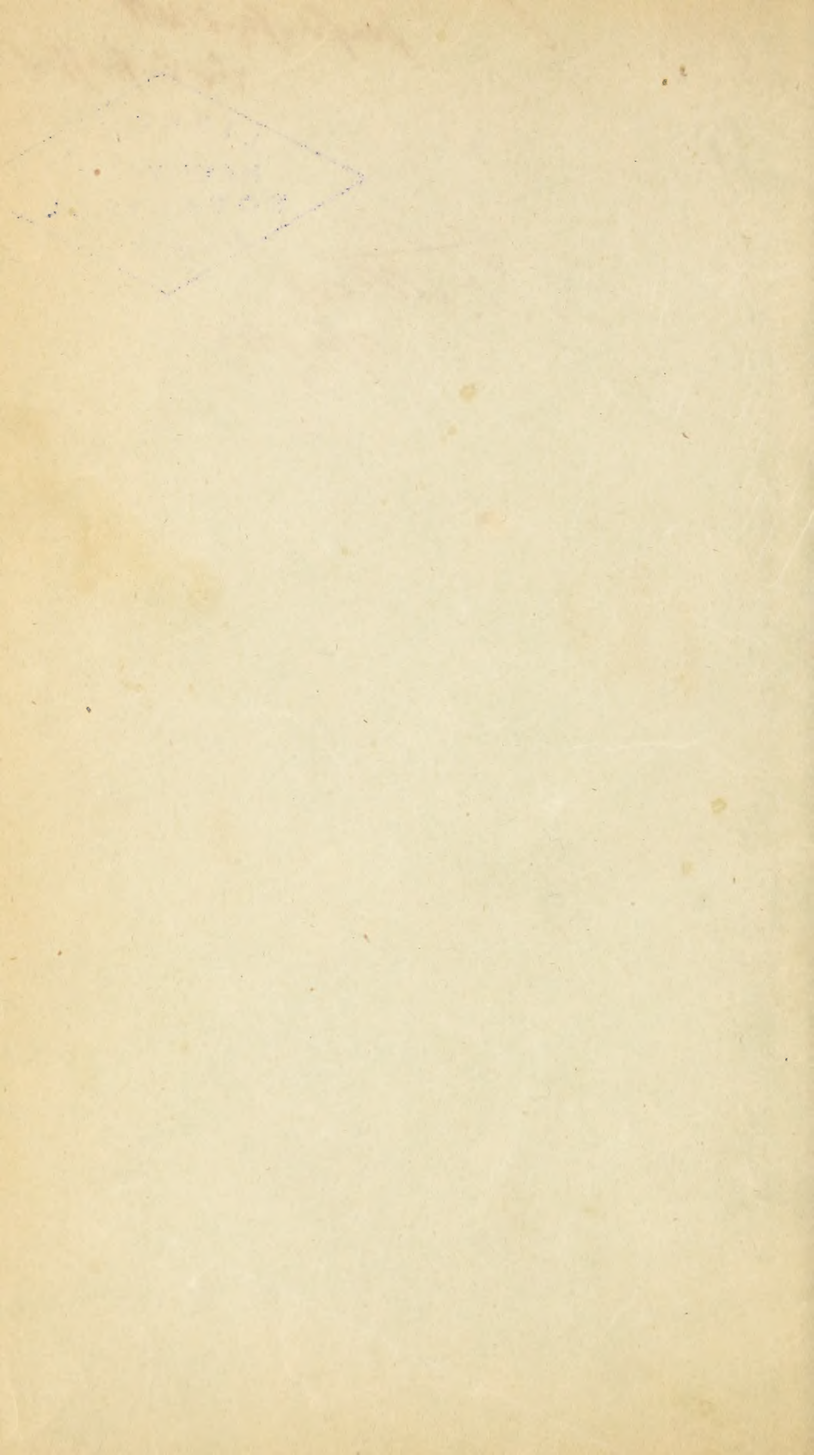






Herrn Dr. Rabenhorst
hochachtungsvoll
der Verfasser

T. F. Allen
apr. 1883







Über die

Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen.

Von

ALEXANDER BRAUN.

Gelesen in der Königlichen Akademie der Wissenschaften am 17. Mai 1852.



Berlin.

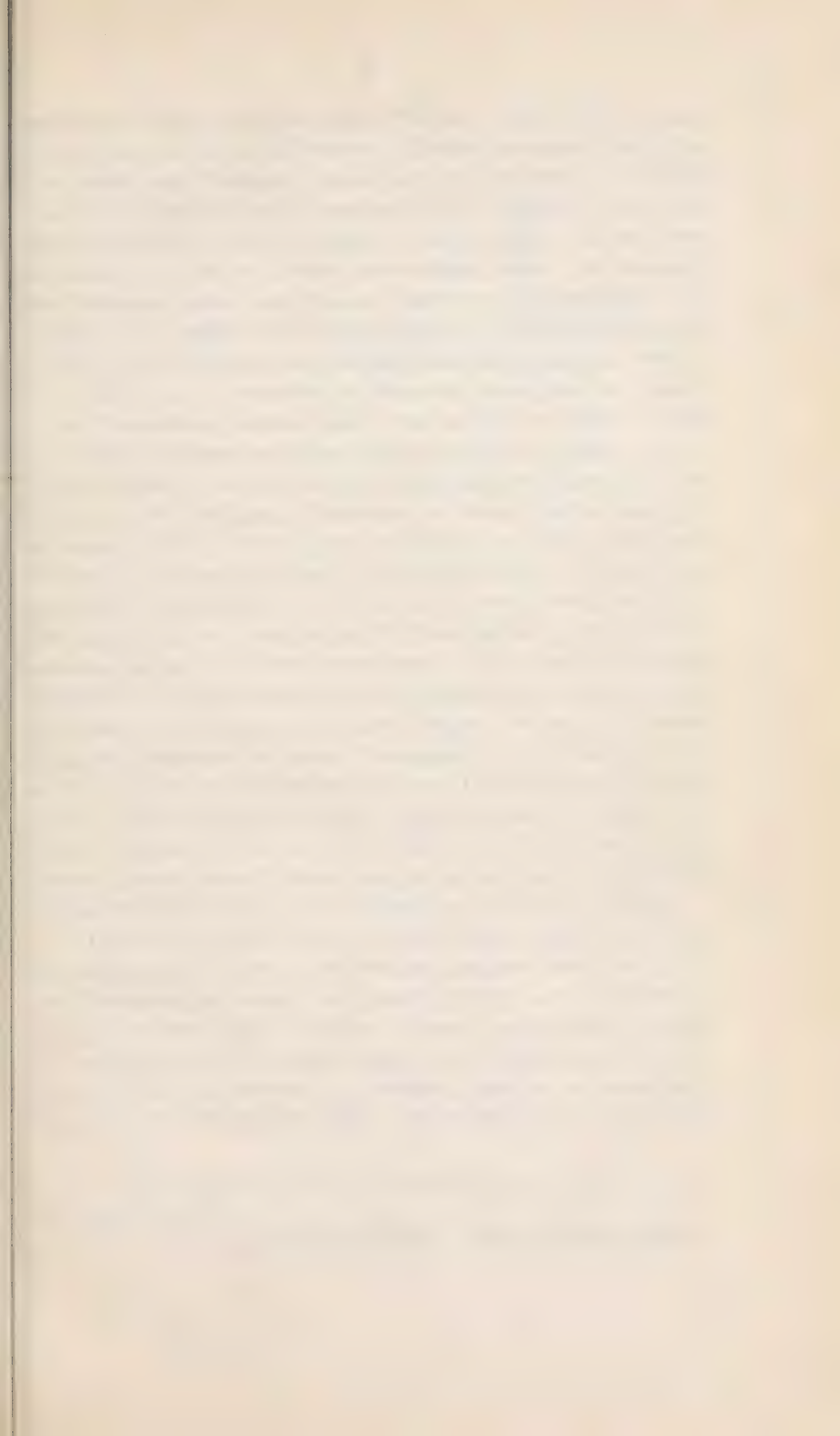
Gedruckt in der Buchdruckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften.

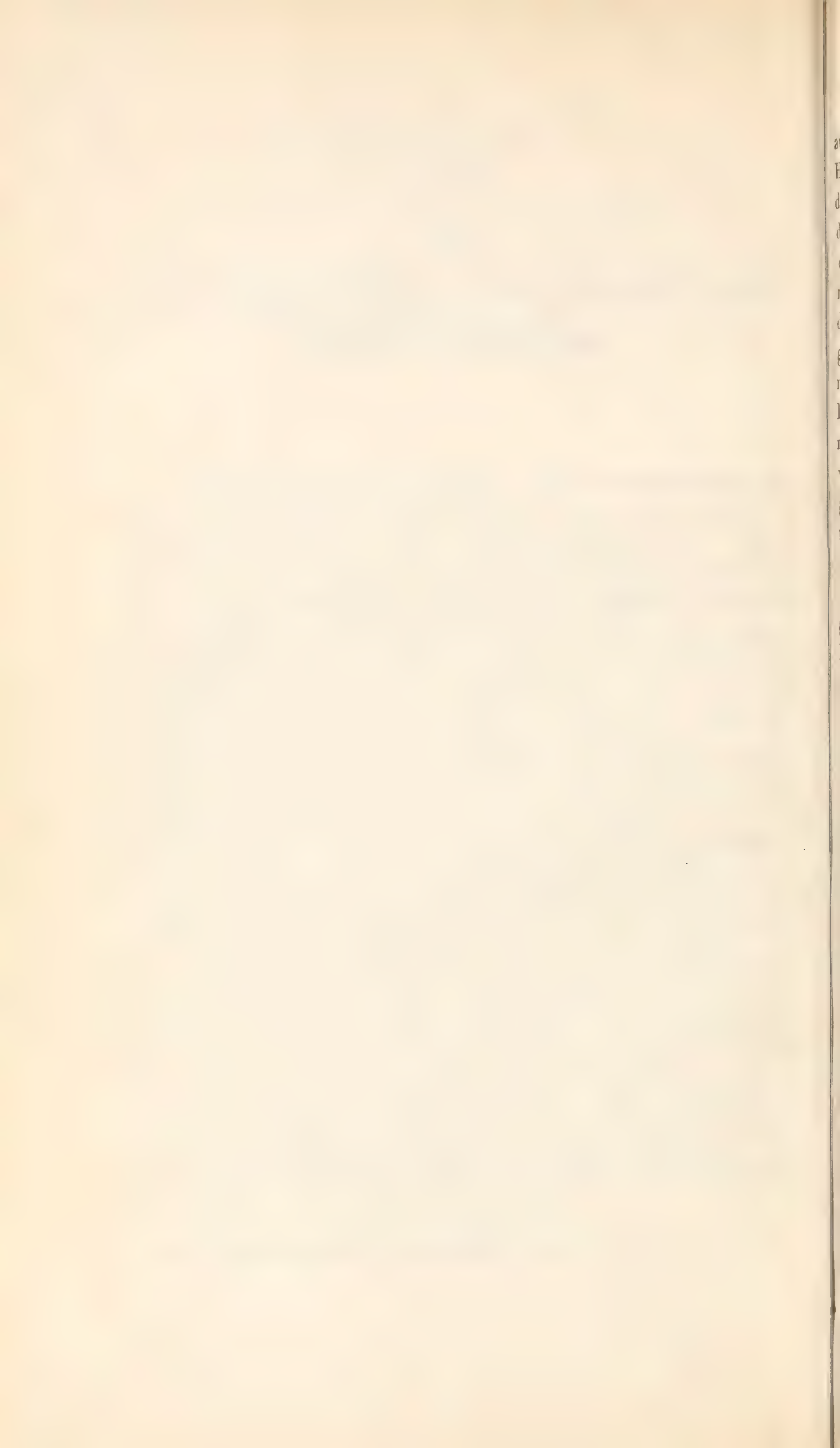
1852.

Über
die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen.

Alle Bewegungen der Pflanzen, welche den Kreis der stillen und unmerklichen, wenn auch in ihren Erfolgen noch so grofsartigen, Bildungs- nnd Wachsthumsbewegungen überschreiten, haben von jeher die besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen, sie haben um so mehr die Forschung gleichsam herausgefordert, je unbegreiflicher sie in ihrer mechanischen Vermittlung erschienen. In die Reihe dieser räthselhaften Erscheinungen gehört auch der Kreislauf oder die sogenannte Rotation des Saftes in den Zellen der Characeen. Seit man durch Treviranus zweite Entdeckung des Phenomens (1807) wieder auf die fast vergessenen gewichtigen Arbeiten des ersten Entdeckers Corti (1773) aufmerksam gemacht wurde, ist die Strömung des Zellsafts der Characeen, theils für sich allein, theils in Verbindung mit analogen Strömungsbewegungen in den Zellen anderer Gewächse, der Gegenstand sehr zahlreicher Untersuchungen geworden, die jedoch, so vielseitig sie auch den Gegenstand beleuchtet haben mögen, bis jetzt weder zu einer genügenden Darstellung der Erscheinung, noch viel weniger zu einer Erklärung des ursächlichen Zusammenhangs geführt haben. Wenn wir auch einstimmen, dafs der letzte Grund dieser Bewegung in dem totalen Begriffe der Pflanze liegt,[1] so fragen wir doch weiter mit welchen Hülfsmitteln der äufseren Natur das vom Begriffe der Pflanze geforderte ausgeführt wird. Die meisten Arbeiten beziehen sich vorzugsweise

[1] H. Schultz die Natur der lebendigen Pflanze I. p. 337.





auf diesen Punkt, aber, obgleich Wärme, Licht, Galvanismus, Electromagnetismus, Endosmose, Flimmerbewegung und Andres mehr zur Erklärung herbeigezogen wurden, so können doch alle Arbeiten mit demselben Satze schliefsen, mit welchem Agardh [1] vor 25 Jahren schlofs: „So nun bei Vermuthungen stille zu stehen gezwungen, geben wir dennoch die Hoffnung nicht auf, dieses Phenomen dereinst tiefer ergründet und endlich das Staunen über das Unerklärlichscheinende in die Bewunderung des Erklärten übergehen zu sehen." Bis dahin ist noch manches nachzuholen, was von den bisherigen Beobachtern vernachlässigt wurde, und was dazu dienen wird der Untersuchung eine sichere Basis zu geben. Dazu gehört zunächst die vollständige Darlegung des Baues der Characeen durch Verfolgung desselben in seiner Entwicklungsgeschichte, wofür aufser einigen Anfängen im 2ten Bande von Meyen's Pflanzenphysiologie und einem durch viele Irrthümer getrübten Versuch von C. Müller [2] noch wenig vorliegt. Daran schliefst sich von selbst die Untersuchung, wann und in welchen Zellen eine Rotationsströmung eintritt und in welchem Verhältnifs die Strömung in der einzelnen Zelle zum Ganzen des Baues der Pflanze steht. Seit langer Zeit mit der Sammlung des Materials zu einer Monographie der Characeen beschäftigt habe ich jede Gelegeuheit zur Untersuchung lebender Arten auch in dieser Richtung zu benutzen gesucht und bin in dieser Arbeit vielfach von Prof. Nägeli in Zürich unterstützt worden, durch dessen Untersuchungen die eigenen in erfreulicher Weise theils bestätigt, theils berichtigt und erweitert wurden.

Wenn ich meine heutige Mittheilung sogleich mit der Betrachtung der Strömungsrichtungen beginne und vom Baue der Characeen nur soviel, als gerade nöthig, zur Erläuterung beifüge, so mag diefs durch den Wunsch entschuldigt werden, schon jetzt auf den Zusammenhang der Strömungsverhältnisse mit dem Baue aufmerksam zu machen, dagegen die zusammenhängende Darstellung des Baues, für welche durch fortgesetzte

---

(1) Über die Anatomie und den Kreislauf der Charen. Act. nat. cur. Vol. XIII. P. I. p. 137.

(2) Zur Entwicklungsgeschichte der Charen. Bot. Zeit. 1848. p. 339.

Beobachtungen noch manche Lücken auszufüllen sind, einer späteren Zeit vorzubehalten.

Was zunächst die Frage betrifft, in welchen Zellen der Characeen eine rotirende Strömung eintritt und in welchen nicht, so läfst sich in Kürze folgendes antworten: Die Rotation fehlt:

1) In allen transitorischen Zellen, d. h. in allen denjenigen, welche schon im ersten Jugendzustand durch Theilung des Inhalts neuen Zellgenerationen den Ursprung geben. Solche Zellen findet man stets mit einem Zellkern versehen und mit einem Protoplasma erfüllt, das keine sichtbare Bewegung hat. So z. B. in den den sogenannten Vegetationspunkt an der Stengelspitze bildenden und ihm zunächst liegenden Zellen, also namentlich in der Scheitelzelle des Stengels selbst, welche die Form einer Kuppel von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{6}$ Millim. [1] Querdurchmesser besitzt, und auf deren fortschreitender Theilung in zwei ungleiche Zellen, von denen die obere den Charakter der Scheitelzelle behält, das unbeschränkte Wachsthum des Charenstengels beruht. Auch die von der Scheitelzelle zunächst erzeugten Gliederzellen zeigen noch keine Rotation, welche vielmehr erst in den als dritte Generation von der Scheitelzelle abstammenden und sich nicht weiter theilenden Internodialzellen des Stengels eintritt. Die Internodialzellen des Blattes stellen von der Scheitelzelle aus gerechnet die 7te Generation dar, in welcher die Rotation eintritt, während sie den 6 vorausgehenden Generationen fehlte.

2) In manchen früh verkümmernden Zellen. Im Inneren der Stengelknoten, so wie auch der Blattknoten, befinden sich eine, zwei oder mehrere Zellen, welche, wiewohl sie sich nicht weiter durch Theilung vermehren, es doch häufig nicht zur Rotation zu bringen scheinen, indem sie durch die angrenzenden Internodialzellen so zusammengedrückt werden, dafs man sie bei vorgerückterer Entwicklung gar nicht mehr findet. Dieser Gegenstand bedarf übrigens noch weiterer Untersuchungen.

---

[1] $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{15}$ Mill. bei *Ch. crinita* und *fragilis*; $\frac{1}{12}$ bei *Ch. ceratophylla, Nitella flexilis* uud *syncarpa*; $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$ bei *Ch. hispida*.

No rotation in young fissating cells.

These have nucleus & are filled with Protoplasm which has no visible motion.

e.g.

2) in early aborting cells (in nodes)

Transitional
[illegible]
Reproductive cells

3) In solchen Zellen, welche sich früh mit Amylon und Fett füllen und dadurch in ruhende, einer künftigen Vegetationsperiode Nahrungsvorräthe aufbewahrende Behälter übergehen. So die Zellen der niedlichen elfenbeinweissen Amylonsterne von *Ch. stelligera*, welche nichts anderes sind, als unterirdische Stengelknoten mit verkürzten Quirlen; ferner die durch kümmerliche einzellige Blätter gebildeten Amylonsäckchen von *Ch. aspera*, welche Agardh ([1]) früher für der Chara anhägende Molluskeneier gehalten hatte, und welche in ähnlicher Weise auch bei *Ch. macropogon* und *Agardhi* vorkommen. Auch in den unterirdischen und überwinternden Stengelknoten von *Ch. hispida* und *ceratophylla* kommen mit Amylon dicht erfüllte kleine Zellen vor, in welchen wahrscheinlich niemals Rotation statt fand. Hieher gehört auch die zur Spore sich ausbildende Zelle, welche aus dem Zustand der durch Blasenbildung netzartigen Vertheilung des Protoplasmas unmittelbar in den der Erfüllung mit Amylon und fettem Oel überzugehen scheint.

4) In den Zellen der Antheridienfäden und zwar in allen Generationen derselben. Sowohl die transitorischen als die letzte Generation dieser Zellen sind durch einen sehr grofsen Zellkern ausgezeichnet, aus welchem in der letzten Generation der spiralige Samenfaden sich entwickelt.

5) In den Deckzellen des Antheridium's scheint gleichfalls keine Rotation vorzukommen, deren Vorkommen bei der platten, dreieckigen und strahlig eingefalteten Gestalt derselben auch schwer denkbar ist. In den inneren, röhrigen und kugeligen Zellen des Antheridium's, welche die gegliederten Fäden tragen, ist dagegen eine Rotation vorhanden; in den 8 cylindrischen Zellen des Antheridium's ist sie mehrfach und auch von mir gesehen worden, in den kugeligen Zellen hat sie Meyen ([2]) beobachtet.

Die 5 angeführten Fälle kann man auch in 3 zusammenfassen: transitorische, verkümmernde und zur Fortpflanzung bestimmte Zellen. Alle übrigen zu gehöriger Entwicklung kommenden und am vegetativen Bestand der Pflanze

---

([1]) l. c. p. 148.
([2]) Physiol. III. p. 220.

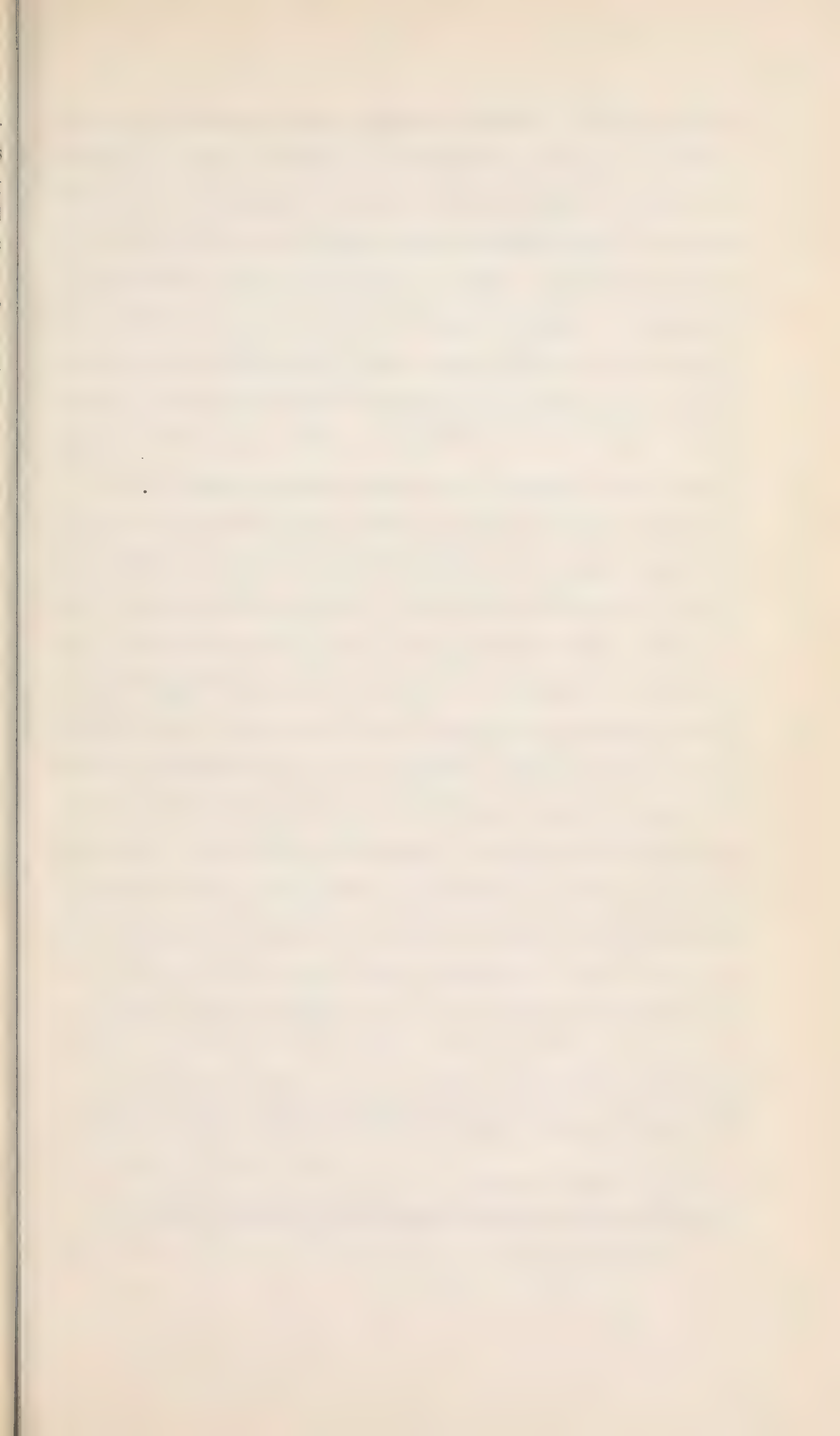
theilnehmenden Dauerzellen zeigen die Erscheinung der Rotation, die jedoch selbst erst mit einem gewissen, übrigens bei verschiedenen Zellen verschiedenen, Grade der Entwicklung eintritt. Die Endzellen der Blätter (z. B. von *Ch. crinita* und *Nitella flexilis*) erreichen oft mehr als die doppelte Länge ihres Durchmessers, eine Länge von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ Mill. ehe die Rotation beginnt, wobei die die Wand bekleidenden Chorophyllkörner schon vor der Rotationsbewegung unterscheidbar werden; in den Internodialzellen der Blätter (z. B. von *Ch. foetida* und *fragilis*) sah ich dagegen die Rotation bereits im Gange, wenn ihr Längendurchmesser dem Querdurchmesser noch nicht oder kaum gleich kam,also bei linsenförmiger oder kugeliger Gestalt der später zu langen Cylindern heranwachsenden Zellen, wobei ihre Länge nur $\frac{1}{35}$ — $\frac{1}{25}$ Mill. betrug und die Chorophyllkörperchen noch nicht unterscheidbar waren.

Ehe die Rotation eintritt füllt das Protoplasma, ebenso wie bei den transitorischen Zellen, die Zellen gleichförmig aus, einen meist deutlich sichtbaren Zellkern umhüllend. Später treten blasige Aushölungen mit wäfsrigerer Flüsssigkeit (Vacuolen) in denselben auf, wodureh ein schaumiges, oft ins netzartige übergehendes Ansehen entsteht. Durch das Zusammenfliefsen der Vacuolen entsteht eine ununterbrochene Aushölung im Protoplasma und nun erst beginnt die Rotation des letzteren, wobei man in jungen Zellen noch den vom Protoplasma im Kreise herumgeführten Zellkern bemerkt. Erst später erscheinen in der vom Protoplasma umschlossenen wäfsrigeren Flüssigkeit zahlreiche freie protoplasmatische Kugeln, die zum Theil eine körnige oder gewimperte Oberfläche besitzen und von Nägeli [1] als Schleimbläschen, von Göppert und Cohn [2] als Wimperkörperchen ausführlich beschrieben worden sind. In älteren Zellen treten dazu noch mancherlei weitere Gestaltungen des Zellinhaltes, als z. B. kugelige Vacuolen innerhalb des strömenden Protoplasma, Krystalle, welehe dem Strom folgen u. s. w. Der strömende Theil des Zellinhaltes ist begränzt

---

[1] Zeitschrift Heft 3—4. p. 107.

[2] Bot. Zeitung 1849. p. 665.





durch eine äufserst zarte ruhende Schicht, den Primordialschlauch ([1]), an welchem die reihenweise geordneten Chlorophyllkörperchen angeheftet sind. Dafs die letzteren nicht unmittelbar an der Zellwand (Cellulosewand) befestigt sind, so wie auch der Strom die Zellwand nicht direkt berührt, ist durch ein einfaches Experiment leicht zu zeigen. Bringt man nämlich Chara in ein leichtes Zuckerwasser, so zieht sich der ganze Zellinhalt wohl abgeschlossen und scharf begränzt von der Zellhaut zurück, während der Strom noch lange Zeit in dem abgelösten Primordialschlauch fortdauert. Göppert und Cohn haben Ähnliches bei einer Anwendung von Campeche-Aufgufs bemerkt.

Die Richtung des Stromes ist im Verhältnifs zur Wachsthumsrichtung der Pflanze oder des Pflanzentheiles, dem die Zelle angehört, entweder eine senkrechte oder eine wagerechte. Das letztere ist der seltnere Fall, der sich besonders schön bei einer scheibenförmigen Zelle unter dem Antheridium von *Nitella syncarpa*, seltener in den Zellen der Knoten sehen läfst. Da die Bewegung des Zellinhaltes der Characeen einen einfachen, in sich selbst zurückkehrenden Strom darstellt, so mufs eine, übrigens nicht durch eine feste Bildung dargestellte, sondern blofs im wässrigen Theil des Zellsaftes befindliche ruhende Axe vorhanden sein, um welche der Strom sich bewegt, und welche bei senkrechtem Strom quer, bei horizontalem aufrecht von Zellwand zu Zellwand sich erstreckt. Je nach der Gestalt der Zelle wird auch diese Achse verschiedene Gestalt annehmen. Bei einer kugeligen Zelle wird sie als Linie oder Walze, die die Zellwand mit ihren beiden Polen berührt, erscheinen ([2]); bei einer zur Walze gedehnten Zelle wird sie als Fläche sich darstellen, ([3]) die die Zellwand jederseits in Form einer Linie berührt. Diese Linie zeichnet sich oft durch

---

([1]) Göppert und Cohn l. c. 716 rechnen auch noch die strömende Protoplasmaschicht zum Primordialschlauche; gewifs mit Unrecht, da man als Primordialschlauch doch nur eine dem Zellinhalt selbst angehörige ruhende Haut bezeichnen kann.

([2]) Vergleiche die noch kugeligen Internodialzellen des Blatts von Chara.

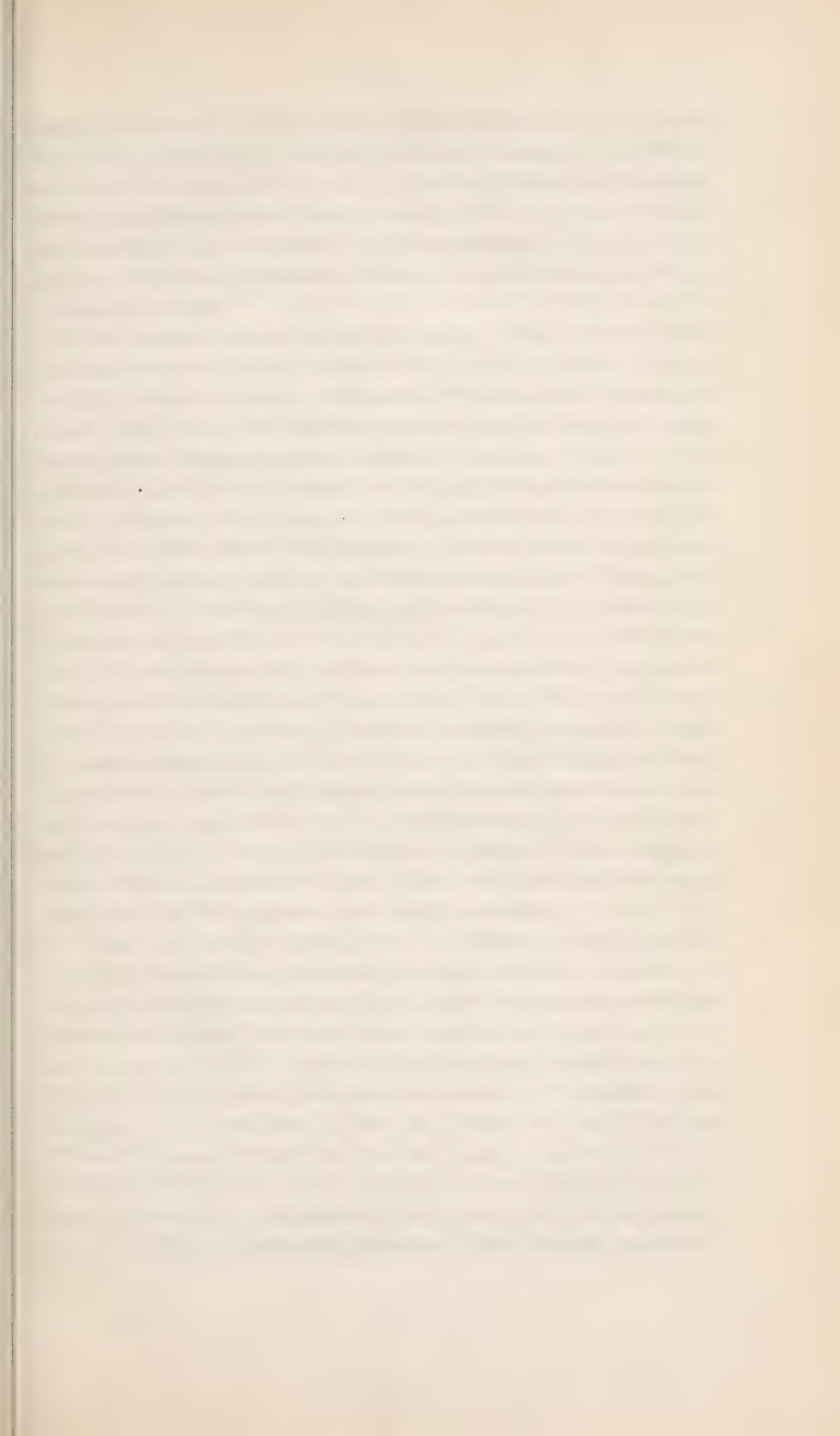
([3]) So bei denselben Internodialzellen des Blatts, wenn sie weiter herangewachsen sind.

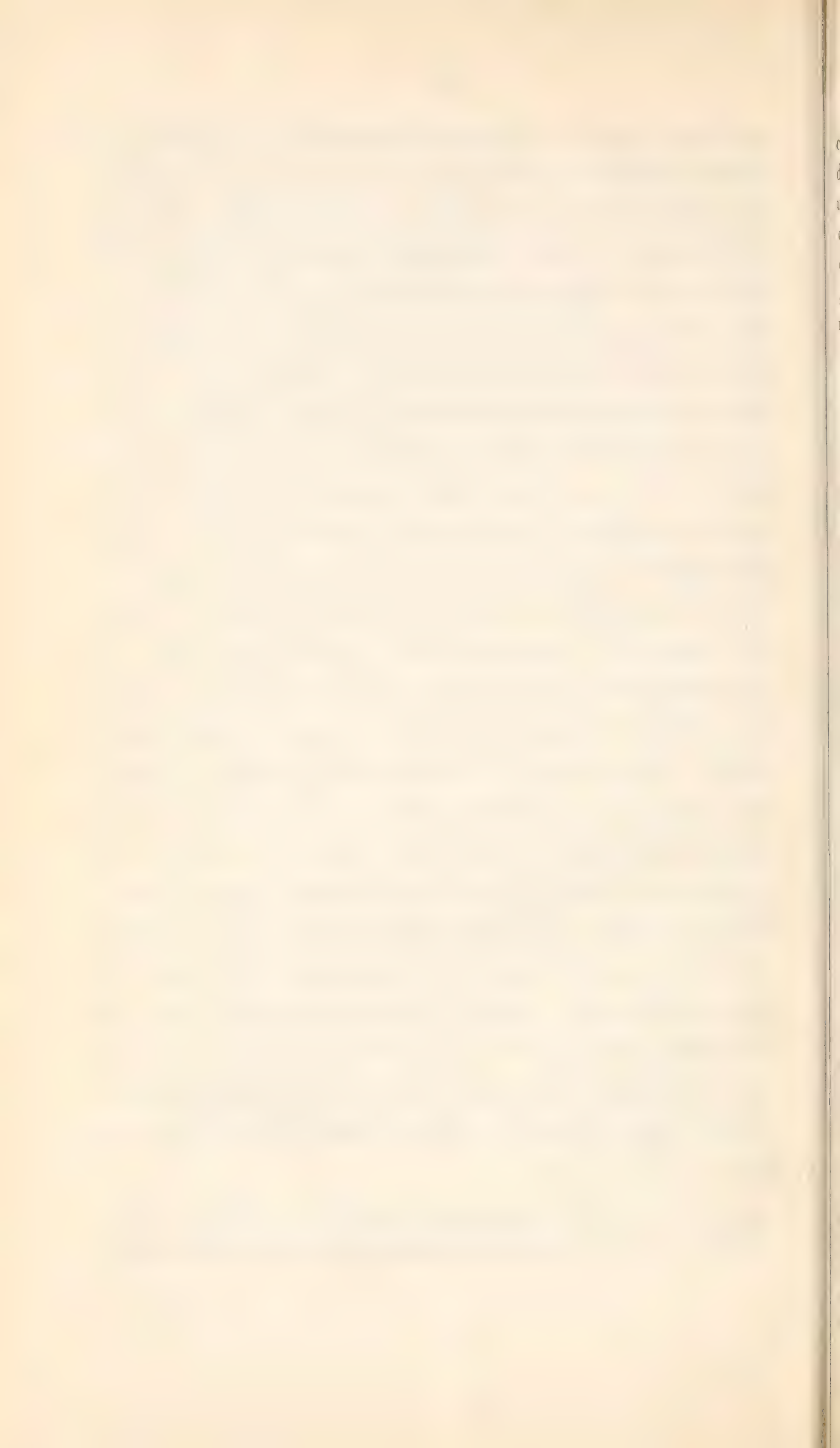
den Mangel der Chlorophyllkörnerreihen, welche die übrige Wand auf der Innenseite bekleiden, aus und erscheint defshalb als heller Streif, den man Indifferenzstreif genannt hat. Wo die Achse in dieser Weise zur Indifferenzebene wird, kreutzt sich natürlich Stromebene und Indifferenzebene rechtwinkelig.

Schon Corti hat von einer Kette des Kreislaufs, „ Catena della circolazione", gesprochen, indem er unter diesem Ausdruck die Aneinanderschliefsung der Ströme angrenzender Zellen versteht. Das Gesetzmäfsige dieser Aneinanderschliefsung durch alle Theile der Pflanze hat Agardh in der schon genannten Abhandlung darzustellen gesucht und es ist seither kaum etwas Neues beigefügt worden. Wiewohl sich die Rotation auch in der isolirten Zelle erhalten kann, so verdankt sie doch ihre bestimmte und später nie wieder zu ändernde Richtung der Stelle, welche die Zelle im Ganzen des Organismus einnimmt. Dieser Zusammenhang ist es, welcher vor allem die genauste Ermittelung verdient, indem er vorweg einer Reihe von Erklärungsversuchen den Lebensfaden abschneidet und uns zur Überzeugung bringen mufs, dafs die Bewegung der Säfte in den Zellen der Characeen nicht von zufälligen Ursachen abhängt, sondern nothwendigen inneren und strengen Gesetzen folgt. ([1]) Unterwerfen wir die von Agardh aufgestellten 8 Gesetze einer vorläufigen Prüfung, so zeigt sich zunächst, dafs dieselben sich nur auf einen kleinen Theil der Zellen beziehen, in welchen man Strömung wahrnimmt, nämlich 1, auf die grofsen Zellen welche die Internodien des Stengels bilden; 2, auf die Internodialzellen der Blätter, welche Agardh mit den meisten Autoren Ästchen nennt, und 3, auf die Zellen, welche die Seitenstrahlen der Blätter solcher Arten bilden, deren Blätter gabelspaltig erscheinen. Die übrigen Zellen, in welchen der Saftstrom theils schon damals beobachtet war, theils später gesehen wurde, wie z. B. die langgestreckten Rindenzellen des Stengels und der Blätter berindeter Arten, die Zellen der Rinde, welche bei manchen Arten als Sta-

---

([1]) So Agardh l. c. p. 130. Schleiden (Grundzüge 3te Ausgabe p. 305.) neigt sich zur entgegengesetzten Annahme.



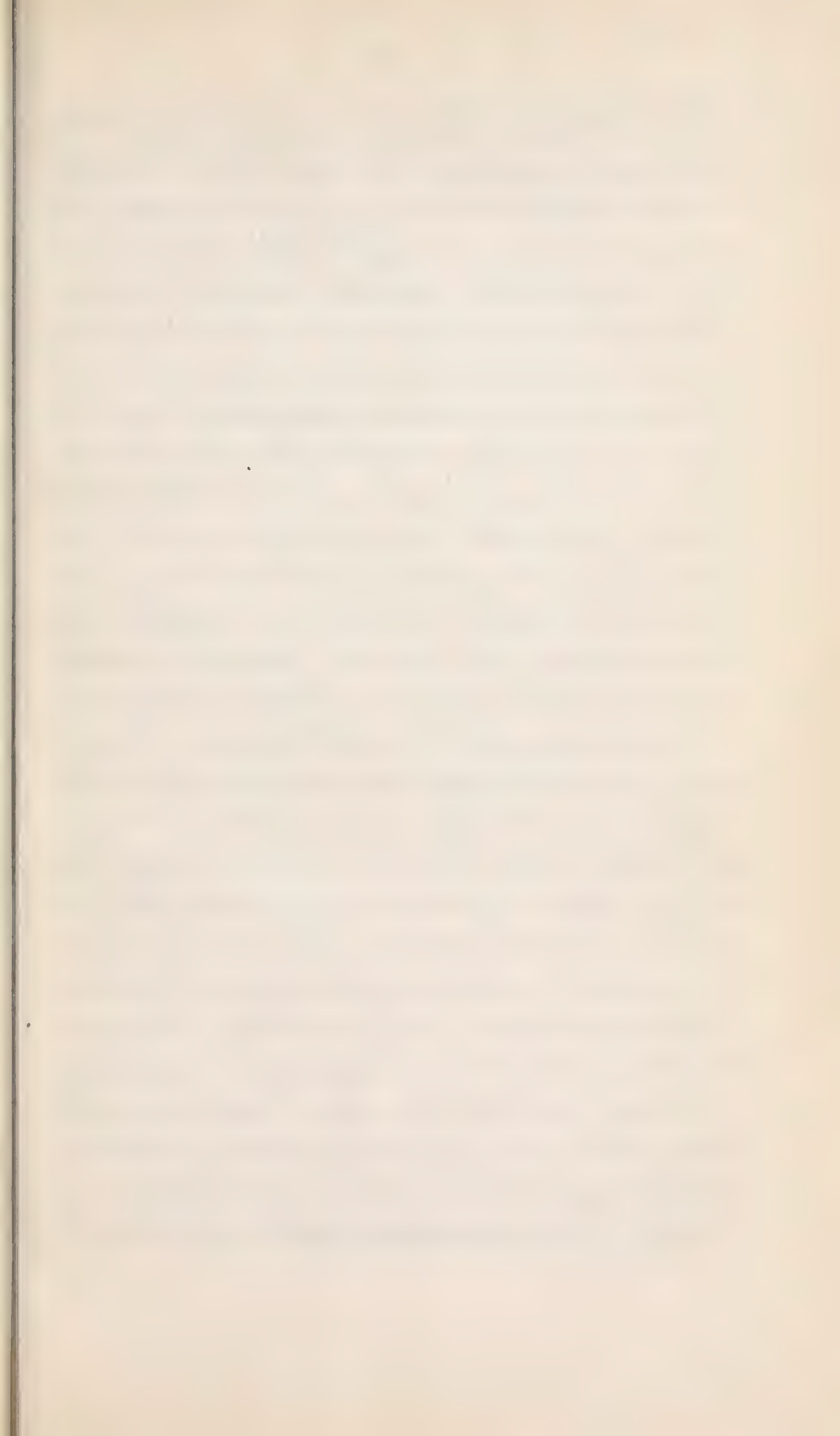


cheln erscheinen, die Zellen des sogenannten Bartes am Grunde des Quirls, diejenigen der sogenannten Bracteen, der Hülle und des Krönchens der Spore, so wie die Zellen des Antheridium's sind dabei nicht berücksichtigt. Es zeigt sich ferner, dafs mehrere dieser Gesetze im Wesentlichen dasselbe aussagen, so dafs die angeblichen 8 Gesetze sich auf höchstens 4 zurückführen lassen.

Das erste Gesetz Agardh's lautet: „Der helle Streif verläuft durch den ganzen Stengel in einer ununterbrochenen Linie". Mit andren Worten: die Strömungsebene, somit auch die Indifferenzebene, hat in den aufeinanderfolgenden Stengelgliedern dieselbe Richtung. Das zweite Gesetz, „dafs der Strom in allen Internodien stets auf derselben Seite des Indifferenzstreifs aufsteigt" giebt hiezu die nähere Bestimmung, dafs der Strom in den aufeinanderfolgenden Gliedern nicht blofs in derselben Ebene, sondern auch in derselben Richtung auf und absteigt. Daraus folgt von selbst Agardh's drittes Gesetz, „dafs in den Knoten sich die Ströme der beiden angrenzenden Internodien kreutzen müssen", bei dessen Darstellung der schwedische Botaniker das Wort „kreutzen" unrichtig anwendet, denn er wollte sagen dafs sich die Ströme im Knoten diametral entgegenlaufen. Diese drei Agardh'schen Gesetze bilden somit nur ein einziges, das Gesetz für die Stromrichtung in den Internodialzellen des Stengels, das bisher allgemein in der angegebenen Weise wiederholt wurde, aber, wie sich nachher ergeben wird, in Wirklichkeit sich nicht so verhält.

Das vierte Gesetz: „Der Indifferenzstreif befindet sich immer auf den beiden Seiten eines Ästchens, nie auf dem Rücken desselben, der Strom aber steigt immer auf dem Rücken desselben hinauf und auf seiner inneren Seite herab" führt uns zur Betrachtung der Stromrichtung im Blatt und zwar zunächst im Verhältnifs zum Stengel. Die Stromebene in den die Glieder der quirlständigen Blätter bildenden Zellen hat in Beziehung zum Stengel eine radiale Richtung, und zwar so, dafs der aufsteigende Strom sich auf der Aussenseite (Rückenseite), der absteigenee auf der Innenseite des Blatts (Bauchseite) befindet. Diefs ist richtig und wird

im achten Gesetz speciell auf den 8- blättrigen Quirl angewendet: „Die Richtungen der Ströme in den 8 Ästen stellen einen Stern vor, dessen Radien alle von dem Centrum des Knotens ausgehen, und worin 2 Ströme in derselben Richtung (Ag. will sagen: Ebene) mit den oben genannten beiden Hauptströmen (nämlich dem auf- und absteigenden Strom im Stengel,) zwei andere in gleicher Richtung mit der Indifferenzschicht fortschreiten; alle aber einen Winkel von 45° mit einander bilden". Was hievon nicht blofse Folge des vierten Gesetzes ist, nämlich die Stellung von 2 Radien des 8- strahligen Quirles in die Ebene des Stroms, 2 damit sich kreuzenden in die Indifferenzebene und 4 weiteren in die Winkel des so gebildeten Kreutzes, ist richtig, wenn man es auf das zunächst über dem Quirl befindliche Internodium bezieht, unrichtig dagegen, wenn es auf das nächst untere Internodium bezogen wird, dessen aufsteigender und absteigender Strom je 4 Blätter auf seiner Seite hat, so dafs die Indifferenzebene den Quirl in zwei vierblättrige Hälften scheidet. Es ergiebt sich dieser Unterschied in der Beziehung des Quirls zum nächstunteren und nächstoberen Internodium aus der Alternation der Quirle. Auf das Blatt und zwar nicht das Verhältnifs desselben zum Stengel, sondern das Verhältnifs der Glieder des Blattes gegeneinander bezieht sich, wie man aus seiner Anschliefsung an das nachher zu betrachtende sechste Gesetz schliefsen mufs, auch das siebente Gesetz Agardh's, das, wollte man es auf den Stengel beziehen, eine blofse Wiederholung des dritten wäre. „In dem Knoten gehen die Hauptströme der beiden Internodien in entgegengesetzter Richtung übereinander fort und beide bewegen sich in senkrechter Richtung gegen die Indifferenzschichte". Dafs Agardh hier von „Hauptströmen" spricht, statt schlechtweg von Strömen, erklärt sich dadurch, dafs er eine *Nitella* mit scheinbar gabeliger Theilung der Blätter im Sinne hat. Dem stärkeren Gabeltheil, welcher die direkte Fortsetzung des Hauptstrahls des Blatts ist, schreibt er den Hauptstrom, dem schwächeren Gabeltheil, der wirklich ein Seitenstrahl des Blattes ist, einen Nebenstrom zu. Im Übrigen ist in Agardh's siebentem Ge-





setz das Verhältniſs in der gleichen Ebene und gleichen Richtung sich bewegender Ströme, wo sie im Knoten sich aneinanderketten, richtig ausgedrückt, während es im dritten Gesetz unrichtig ausgedrückt war, und im Blatte verhält es sich auch wirklich so, wie Agardh angiebt.

Das fünfte Gesetz: „Wenn ein Ast, wie dieses öfters bei Nitellen vorkommt, gespalten ist, so ist auch der Iudifferenzstreif daselbst gespalten, so daſs die beiden Streifen der oberen Ästchen nur eine Spaltung des Streifs des untern Internodiums zu sein scheinen". Diese nicht ganz klare Darstellung wird verständlicher durch das sechste Gesetz: „Da die aus der Spaltung entsprungenen Äste stets von ungleicher Länge sind, so geht der Strom immer aufwärts in dem untern, ungespaltenen Haupttubus auf der Seite, wo das grössere Ästchen, und rückwärts auf der Seite, wo das kleinere Ästchen angeheftet ist". Das Verhältniſs, das Agardh bei Aufstellung dieser beiden Gesetze im Auge hatte, erklärt sich durch Vergleichung junger und steriler Exemplare von *Nitella flexilis* und *syncarpa*, bei welchen die Blätter dem Anscheine nach einfach gabelspaltig sind, indem das bloſs aus zwei verlängerten Gliedern bestehende Blatt am Gelenk einen einzigen Seitenstrahl entwikkelt, welcher kürzer ist, als das zweite (obere) Glied des Hauptstrahls. In dem ersten Glied des Blattes („ dem ungespaltenen Haupttubus") muſs der Strom (nach dem 4ten Gesetz) auf der Aussenseite auf-, auf der Innenseite absteigen; in dem zweiten Gliede des Blattes („dem gröſseren durch Spaltung entsprungenen Ästchen") muſs sich (nach dem 7ten Gesetz) der Strom in derselben Richtung anschlieſsen. Der Seitenstrahl („das kleinere Ästchen der Gabel") soll nach Agardh's Darstellung (im 6ten Gesetz) auf der inneren Seite, der des absteigenden Stroms, sich befinden, was nicht genau der Fall ist, indem er nicht mitten, sondern seitlich nach innen liegt; die Indifferenzebene desselben soll (nach dem fünften Gesetz) parallel der des Hauptstrahls sein, was richtig wäre, wenn er genau nach innen läge. Daſs in diesem Seitenstrahl (kleineren Ästchen), sowie in allen Seitenstrahlen des Blatts, in welcher

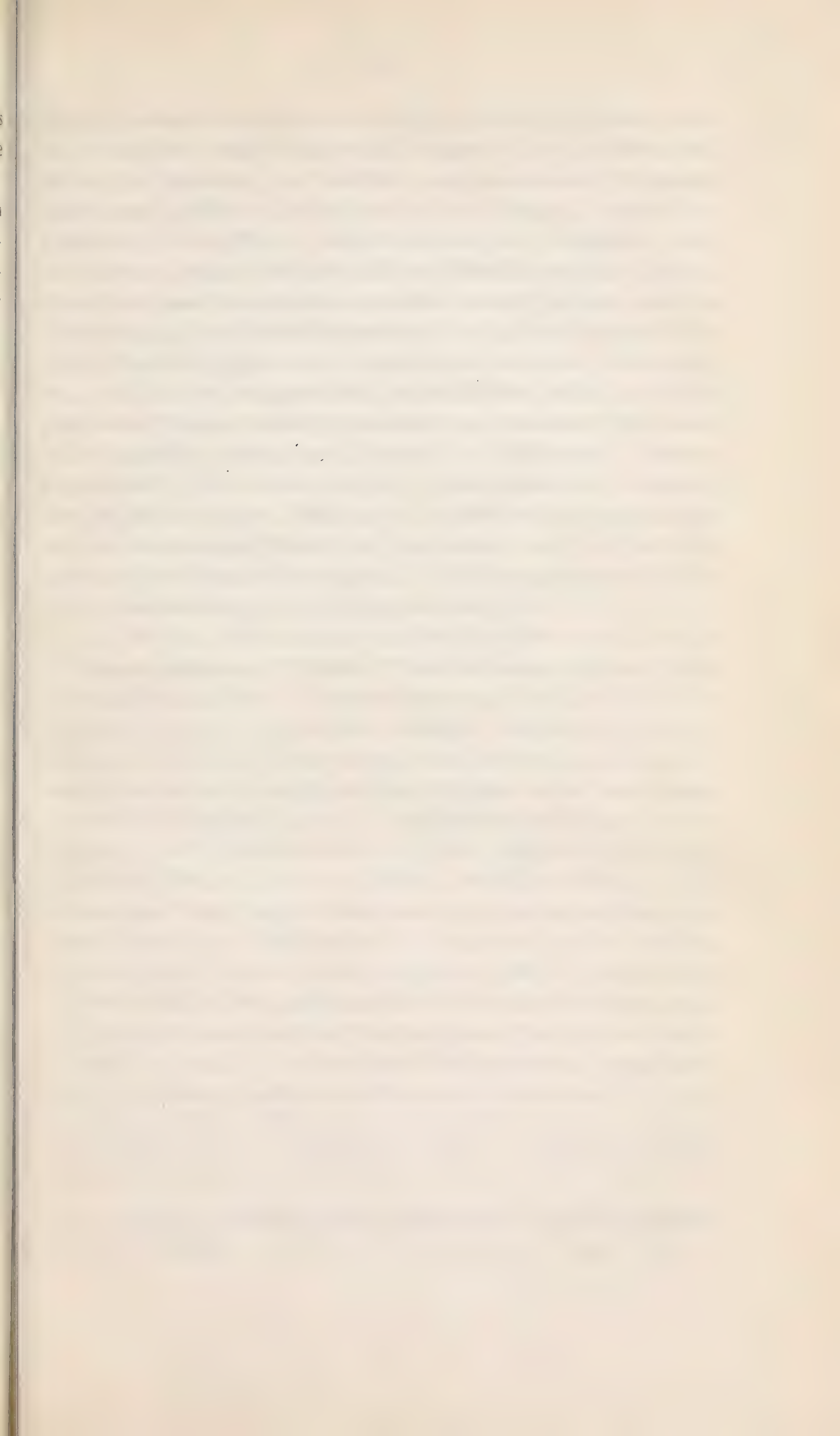
Form sie erscheinen mögen, der Strom zum Hauptstrahl des Blatts sich verhält, wie der des Hauptstrahls zum Stengel, wurde von Agardh nicht klar erkannt.

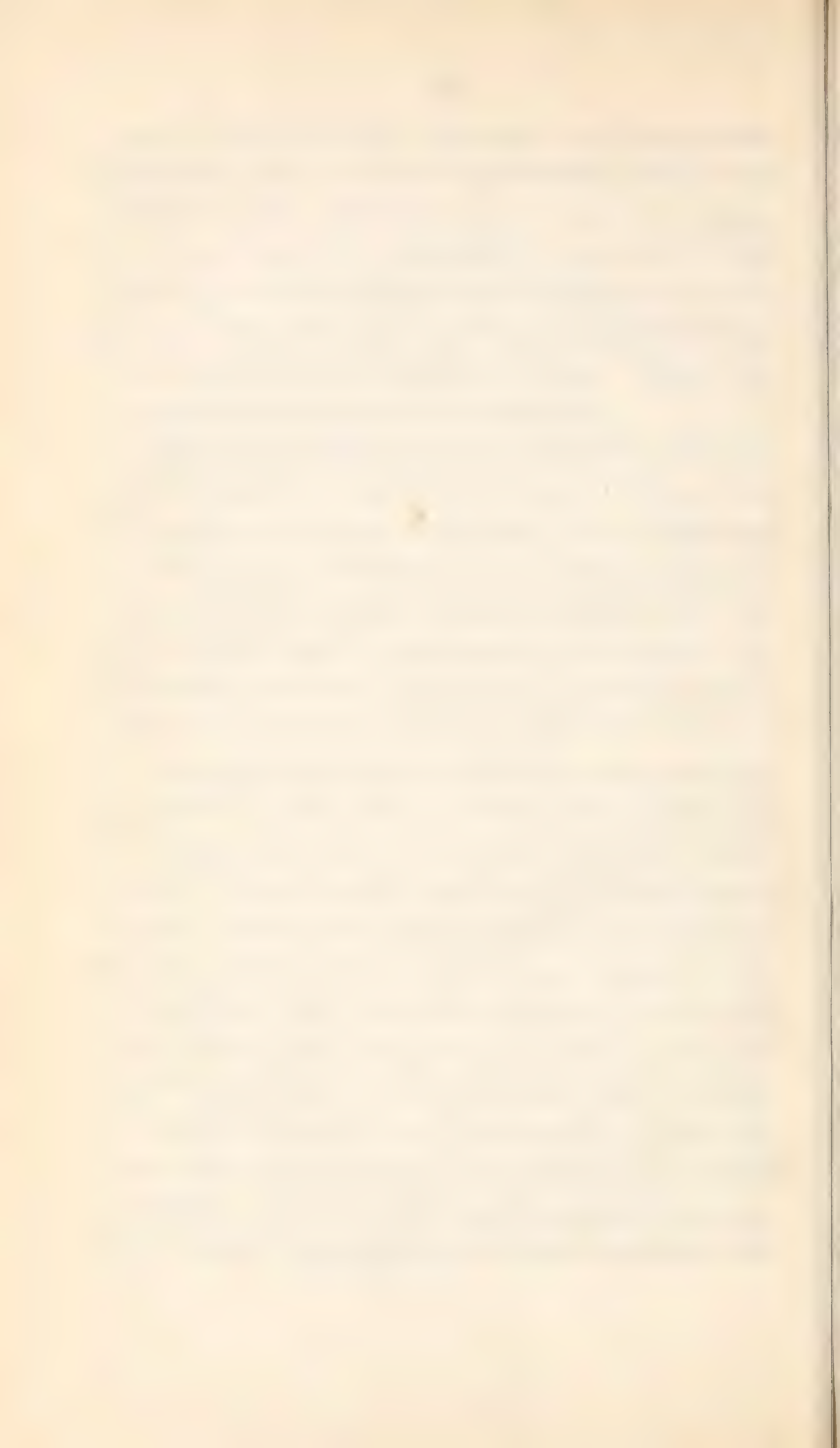
Auf einige wichtige Andeutungen, welche Agardh in dem zweiten Theile seiner Abhandlung (p. 157) über die Ordnungsfolge der Blätter des Quirls im Verhältnifs zur Stromrichtung im Stengel und über die Stellung der wahren Zweige zur Blattfolge und Stromrichtung giebt, komme ich im folgenden zurück; sie bilden den gewichtigsten uud am wenigsten gewürdigten Theil der Agardh'schen Abhandlung.

In der übersichtlichen Darstellung sämmtlicher Strömungsverhältnisse, welche ich beobachten konnte, folge ich den Organen der Pflanze, in welchen sie stattfinden, ausgehend von der unbegrenzten Hauptachse der Pflanze, dem Stengel, und den ihr ähnlichen Seitenachsen, den Zweigen; weitergehend zu den Seitentheilen mit bestimmter Begrenznng, den Blättern, und allen übrigen vegetativen Theilen, welche in ihrem Ursprung mit dem Blatt zusammenhängen (Nebenblättern, Stengelberindung, Stacheln); ferner zu den Wurzeln und endlich zu den männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorganen.

A. Im Stengel.

Der Stengel der Characeen ist seiner Natur nach unbegrenzt und wächst an seiner Spitze bei perennirenden Arten (z. B. *Ch. fragilis*, *ceratophylla*) wirklich von Jahr zu Jahr weiter; bei einjährigen Arten endigt er zwischen den oberen, sich zusammendrängenden fructificirenden Quirlen mit einer verkümmernden Endknospe, also ohne bestimmtes Schlufsgebilde (so z. B. bei *Nitella syncarpa* nnd *fasciculata*). Er besteht aus einer Reihenfolge von Internodien, getrennt durch Knoten, welche die Blattquirle tragen, aus welchen überdies die Zweige und an den untern Theilen der Pflanze die Wurzeln entspringen. Jedes Internodium besteht ohne Ausnahme aus einer einzigen Zelle, welche bei den gröfseren Chara-Arten oft eine Länge von mehreren Zollen und einen Durchmesser von fast einer Linie erreicht, somit zu den gröfsten Zellen des Pflanzenreiches gehört. In diesen Internodialzellen des Stengels findet während der ganzen Lebensdauer der Pflanze eine Strömung statt, während in den inneren, dem Stengel angehörigen Zel-





len der Knoten eine solche nur vorübergehend, in anderen Fällen vielleicht niemals einzutreten scheint. Die peripherischen Zellen des Knotens, in welchen man andauernde Strömung wahrnimmt, gehören nicht eigentlich dem Stengel, sondern den Basilarknoten der Blätter (den Blattkissen) an. Bei allen Arten der Gattung *Nitella* und bei einigen Abtheilungen der Gattung *Chara* sind die Internodien unbedeckt (nackt), so dafs sich die Saftbewegung sehr leicht beobachten läfst; bei der Mehrzahl der Chara-Arten dagegen sind sie mit einer in ihrer Entstehung von den Quirlen ausgehenden, aus kleineren röhrigen Zellen gebildeten Decke verhüllt (berindet), in welchem Falle diese Rinde abgelöst werden mufs, wenn der Kreislauf sichtbar werden soll. Doch sind auch bei solchen Arten die untersten Stengelglieder junger Pflanzen unberindet und im Alter schält sich die absterbende Rinde oft von selbst von den noch lebenskräftigen Internodialzellen ab. Mit diesen beginne ich die nähere Bestimmung der Strömungsrichtungen:

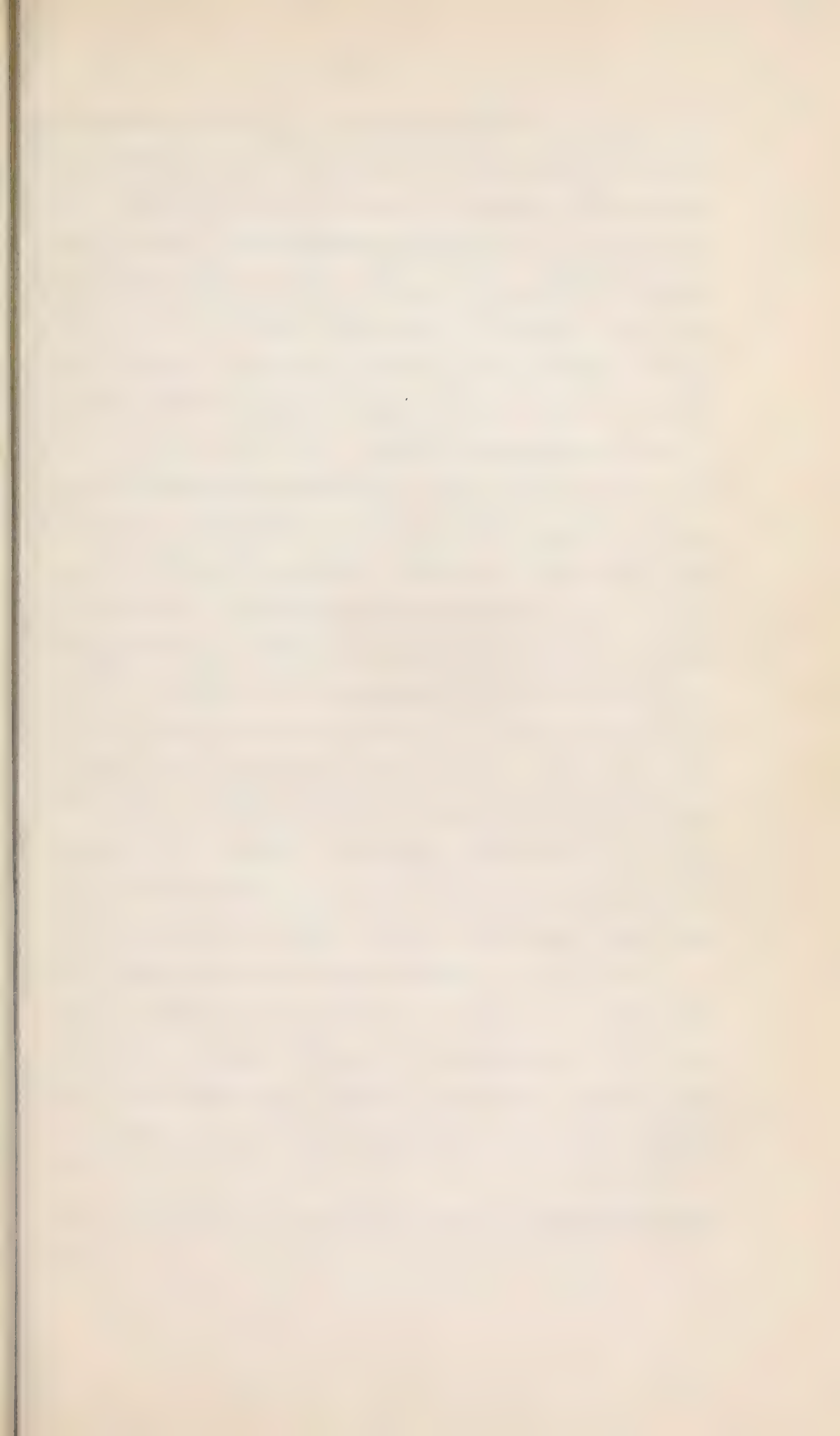
1) In den Internodialzellen des Stengels ist die Strömungsebene ([1]) der Wachsthumsrichtung des Stengels uud der Längendehnung seiner Glieder parallel, somit, wenn der Stengel aufrecht gedacht wird, senkrecht. Die Seite des aufsteigenden und somit auch des absteigenden Stroms wird bestimmt durch den Beginn und die Aufeinanderfolge in der Bildung der Blätter des von dem Internodium getragenen Quirls, in der Weise, dafs der aufsteigende Strom auf der Seite der zuerst entstehenden, der absteigende auf der Seite der zuletzt entstehenden Blätter des Quirls sich befindet. Die Verkettung der Ströme in den aufeinanderfolgenden Internodien folgt der alternirenden Stellung der Quirle und zwar so, dafs ebenso, wie das erste Blatt jedes folgenden Quirles immer nach derselben Seite hin um ein halbes Intervall seitlich vom ersten Blatt des vorausgehenden Quirles seine Stelle erhält, so auch die Strom-

---

([1]) Ebenso die Indiffereuzebene, welche sich mit der Strömungsebene rechtwinklig kreutzt.

ebenen in den aufeinanderfolgenden Internodialzellen unter Winkeln, welche die Hälfte eines Intervalls betragen, sich schneiden. Die Richtung, in welcher die Stromebenen sich von Glied zu Glied gegeneinander verschieben, entspricht einer links aufsteigenden Spirale; in derselben Richtung drehen sich häufig die Stromebenen innerhalb der einzelnen Internodialzellen, indem der Stengel sich während seines Längenwachsthums allmählig links dreht.

Die zuletzt erwähnte Linksdrehung der Stengel ist eine längst bekannte, besonders bei den berindeten Characeen sehr in die Augen fallende Erscheinung; sie findet sich regelmässiger bei der Gattung *Chara*, als bei *Nitella*, und wiederholt sich bei den Arten aller Welttheile. Sie ist an den jüngsten Innodien noch nicht unterscheidbar und stellt sich erst allmählig mit zunehmender Dehnung in die Länge ein. Dafs aufser dieser mit der gedrehten Bildung der Zellen zusammenhängenden Spiraldrehung des Saftstroms auch noch eine Drehung in der Verkettung der Saftströme des Stengels stattfinde, ist gegen die gewöhnliche Vorstellung und konnte um so leichter übersehen werden, als die Verschiebung der angrenzenden Strömungsebenen nur eine geringe ist, somit auch die Indifferenzstreifen sich von einem Glied zum andern fast genau aufzunehmen scheinen. Zur richtigen Auffassung des Verhältnisses dient namentlich eine genaue Beachtung der Lage desIndifferenzstreifens zu den Blättern des Quirls. Wenn z. B. bei 8- blättrigen Quirlen der Indifferenzstreif des untern Internodium's die Lücke zwischen zwei Blättern des Quirls berührt, so beginnt der Indifferenzstreif des oberen Internodium's nicht in dieser Lücke, sondern etwas seitlich davon über dem Blatt rechts von der Lücke, während er mit seinem oberen Ende wieder in eine Blattlücke des nächsten Quirls eintritt. Die beiden Stromebenen müssen sich somit in einem Winkel schneiden, welcher ein halbes Achtel d. i. $22\frac{1}{2}°$ beträgt. Da die Zahl der Quirlblätter je nach den Arten von 6 (*Nitella syncarpa*) bis 10 (*Chara hispida*), bei exotischen Arten selbst bis 14 und 15 (*Chara polyphylla*) wechselt, so wird darnach auch der Kreutzungswinkel im Maximum $\frac{1}{12}$, im Minimum $\frac{1}{28}$ bis $\frac{1}{30}$ betragen. Häufig variirt





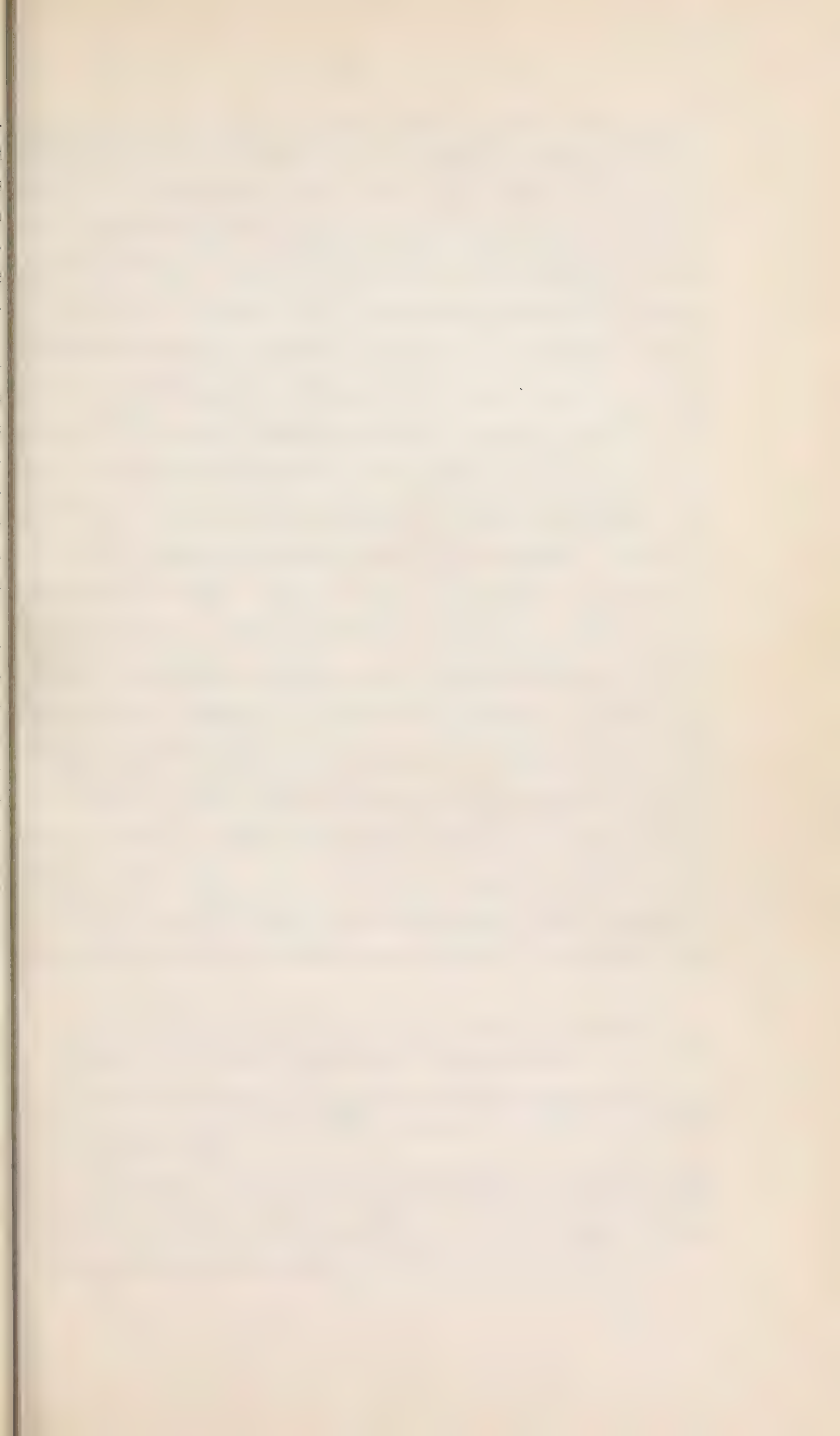
die Zahl der Quirlblätter bei einer und derselben Art, z. B. bei *Ch. ceratophylla* von 6 bis 8, bei *Ch. foetida* von 8 bis 10, und dann finden sich oft an einem und demselben Stengel Quirle mit verschiedener Zahl der Blätter, zwischen welchen natürlich kein reines Abwechselungsverhältnifs statt finden kann. In solchen Fällen treten auch in der Aneinanderschliefsung der Strömungsebenen der Internodialzellen abweichende Verhältnisse ein, deren Erörterung ich jedoch hier übergehe. Von der abwechselnden Stellung der Strahlen (Blätter) aufeinanderfolgender gleichzähliger Quirle überzeugt man sich leicht an den jungen Spitzen berindeter Arten (*Ch. ceratophylla*, *foetida*, *hispida, fragilis* etc.), wobei die nachher zu beschreibenden abwechselnd ineinander greifenden lappenartigen Abtheilungen der Berindung die Bestimmung sehr erleichtern.

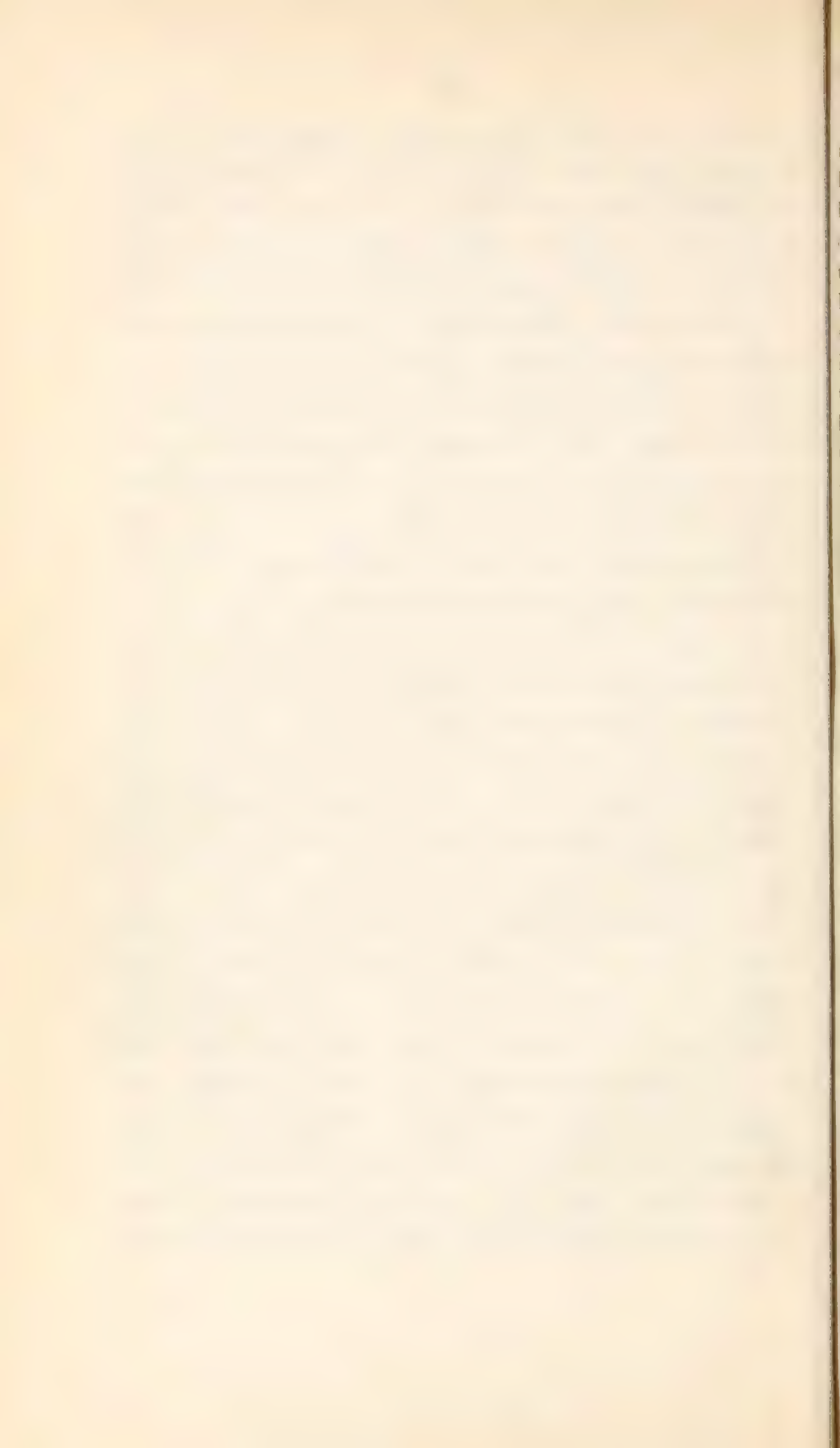
Die Ausmittelung der Beziehung der Stromrichtung im Internodium zur einseitigen Bildung des darüber liegenden Quirls ist schwieriger und erfordert ein Zurückgehen auf die früheste Bildungsgeschichte dieser Theile. Untersucht man die zwischen den obersten Quirlen versteckte Spitze eines beliebigen Sprosses, so zeigt sich eine lehrreiche Abstufung in der Bildung begriffener Quirle, zwischen welchen sich die Spitze des Stengels in Form einer gerundeten Kuppel erhebt. Das Ende dieser Kuppel ist von einer einzigen, nach oben linsenförmig gewölbten, nach unten flachen Zelle von etwa $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Mill. Querdurchmesser [1] gebildet. Eine solche Scheitelzelle fehlt zu keiner Zeit, sie erzeugt sich bei jeder Theilung neu und ist nichts Anderes, als eine in's Unbegrenzte sich wiederholende Erneuerung der Urzelle der ganzen Pflanze. Die Scheitelzelle theilt sich nämlich durch horizontale Scheidung des Zellinhaltes in 2 ungleiche Zellen, in eine obere, welche Scheitelzelle bleibt, und in eine untere, welche ich als Gliederzelle bezeichnen will. Durch die wiederholte Theilung der Scheitelzelle wird eine Reihe von Gliederzellen gebildet, von denen jedoch (wegen des in ihnen selbst bald eintretenden weiteren Theilungsprozesses) meist nur eine oder zwei in noch ungetheiltem Zustande

---

[1] Am gröfsten fand ich sie bei *Chara hispida*, wo sie manchmal $\frac{1}{6}$ Mill. erreicht.

unter der Scheitelzelle sichtbar sind. Während die Scheitelzelle die Potenz des ganzen Sprosses in sich trägt, entspricht die Gliederzelle nur einer der Abtheilungen oder Glieder, aus deren steter Wiederholung der Sprofs sich bildet, nämlich einem Stengelgliede (Internodium) mit dem dazugehörigen nächst oberen Quirl. Die Gliederzelle theilt sich nun abermal durch eine horizontale Scheidung in 2 ungleiche Zellen, von denen die untere die Gestalt einer biconvexen, sehr flachen, die obere einer biconcaven, etwas höheren Linse annimmt. Hiermit ist der Grund gelegt zur Bildung des Internodiums einerseits, und des Knotens mit seinem Quirle andrerseits. Die untere, Anfangs flach linsenförmige Zelle, eine Dauerzelle, welche sich nie weiter theilt, ist bereits die Internodialzelle, die durch blofse Verlängerung zu der langen Röhre heranwächst, welche das Internodium der Characeen bildet; die obere, biconcave Zelle dagegen, welche ich als die primäre Knotenzelle bezeichnen will, erzeugt durch weitere Zellbildung nicht blofs den Knoten, sondern auch den ihm angehörigen Blattkreis mit allen seinen weiteren Entwicklungen, und zwar in folgender Weise. Die primäre Knotenzelle theilt sich zuerst durch eine senkrechte, diametrale Wand in 2 gleiche sekundäre Knotenzellen, welche von oben gesehen als 2 zum vollen Kreis sich ergänzende halbkreisförmige Scheiben erscheinen. Nun beginnt gleichfalls durch senkrechte, aber excentrische Theilung die Bildung eines peripherischen Zellkreises, der jedoch, da er aus den zwei halbkreisförmigen secundären Knotenzellen hervorgeht, in Form zweier Halbkreise auftritt, welche beide an dem einen Ende der scheidenden Wand ihre Bildung anheben und am anderen zuletzt sich treffend den Kreis schliefsen, welcher nun in seiner Mitte, gleichsam als Überrest der secundären Knotenzellen, zwei centrale Zellen einschliefst, welche dem Knoten als solchem bleiben, während die Zellen des Zellkreises die Grundlage eben so vieler Blätter darstellen. Die Bildung dieser Zellen (Blätter) schreitet in den beiden Halbkreisen gewöhnlich in der Weise fort, dafs abwechselnd eine Zelle des einen und eine Zelle des anderen Halbkreises gebildet wird. Es werden somit das erste und zweite Blatt, als die Anfänger der beiden Halbkreise, sich





nebeneinander befinden und zwar rechts und links ([1]) von der Hauptwand, welche den Knoten in 2 Hälften theilt; das dritte Blatt wird auf der Seite des ersten, das vierte auf der Seite des zweiten sich anschliefsen, bis endlich die zwei letzten Blätter am andern Ende der Hauptwand wieder zusammentreffen. Erst nach diesen Vorgängen, zu deren Beobachtung sich besonders die in tieferem Wasser wachsenden, sehr durchsichtigen Formen der Nitellen eignen ([2]), also nach Anlegung des Quirls, tritt die kreisende Bewegung des Inhalts in der unter demselben befindlichen Internodialzelle ein, so dafs es nahe liegt, den Grund, warum der aufsteigende Strom gerade nach der Seite sich wendet, auf welcher die zuerst gebildeten Blätter sich befinden, in dem auf dieser Seite bevorzugten Bildungsprocefs zu suchen. Es ist in dieser Beziehung noch zu bemerken, dafs die zuerst gebildeten Blätter auch in der weiteren Ausbildung häufig sich kräftiger als die übrigen entwickeln, (so z. B. bei *N. syncarpa*), so wie, dafs sie allein die Fähigkeit haben Zweige in ihren Achseln zu bilden. Beim ersten Quirle keimender Pflanzen bildet sich nicht selten nur ein Blatt des Quirles aus ([3]), während die übrigen als kümmerliche Wärzchen zurückbleiben; dieses eine Blatt steht auf der Seite des aufsteigenden Stroms und ist daher ohne Zweifel gleichfalls das erste des Quirls, wie dies schon Agardh, ohne die Entwickelungsgeschichte der Charen zu kennen, annahm, und daraus schlofs, „dafs es nothwendig in jedem Quirl ein Ästchen (d. i. Blatt) geben müsse, welches das erstgeborene ist, und auf welchem sonach die Darstellung aller übrigen Theile des Gewächses beruht, insofern es nämlich das Rechts und Links, den Gegensatz zweier Seiten des

---

([1]) Eine bestimmte Regel für die Lage des ersten Blattes auf der einen oder andern Seite der Hauptwand scheint nicht zu bestehen.

([2]) Professor Nägeli hat die früheste Entwickelungsgeschichte des Quirls am vollständigsten bei *Nitella syncarpa* und *hyalina* des Züricher Sees verfolgen können.

([3]) Unrichtiger Weise ist dieses Blatt von früheren Beobachtern für die Stengelspitze gehalten worden. Vergl. die Abbildungen von Kaulfufs Keimen der Charen f. 23. 24, Schultz l. c. t. 3. f. 8, K. Müller Entwickelungsgeschichte der Charen (Bot. Zeit. 1845.) t. 3. f. 6.

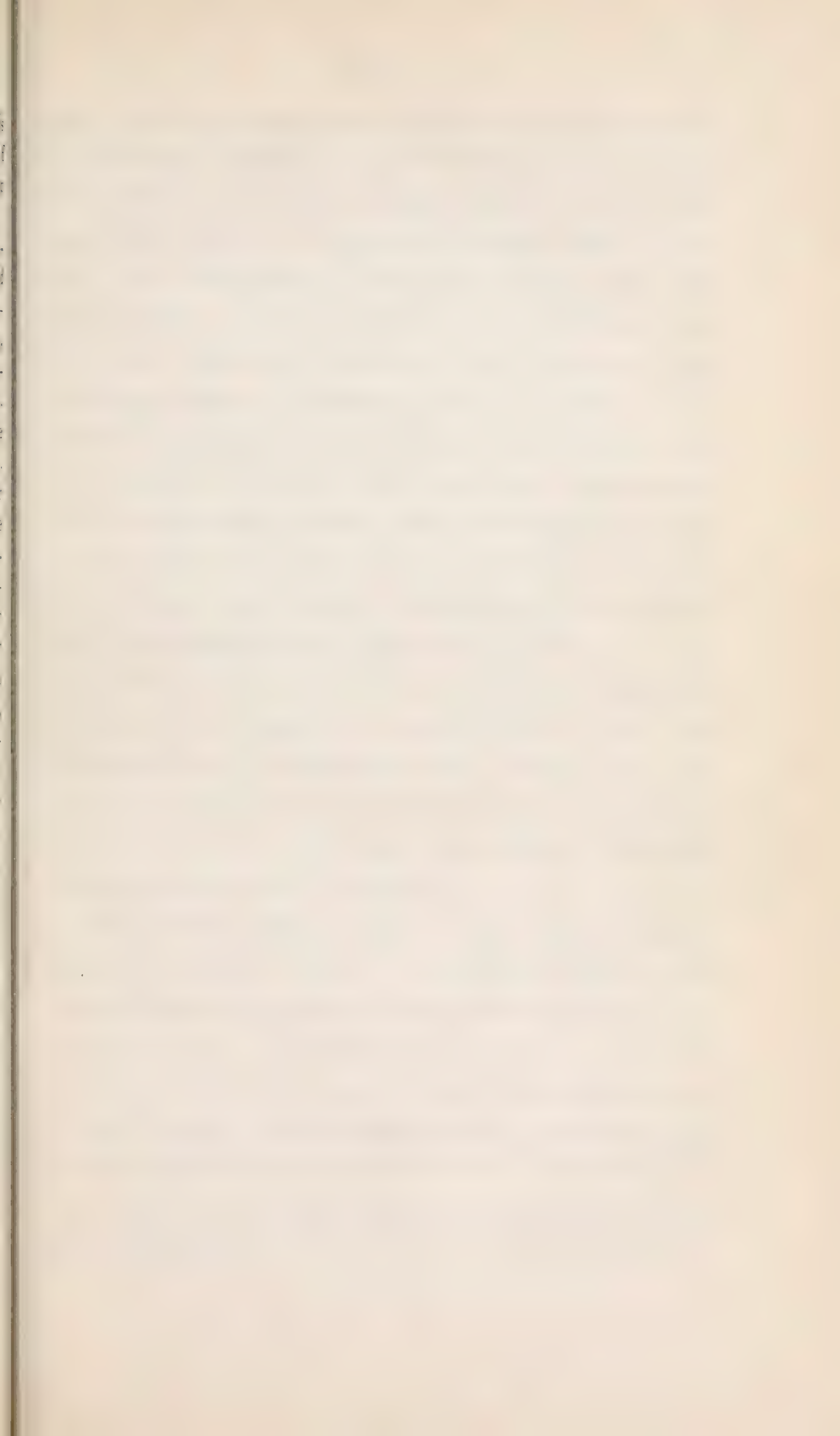
Rohrs, allein bedingt" [1] und dann als Gesetz ausspricht, „dafs das Hauptästchen (d. i. das erste Blatt) des ersten Quirls auf derselben Seite des Indifferenzstreifs entspringt, auf welcher sich der aufsteigende Strom des Stammes befindet."

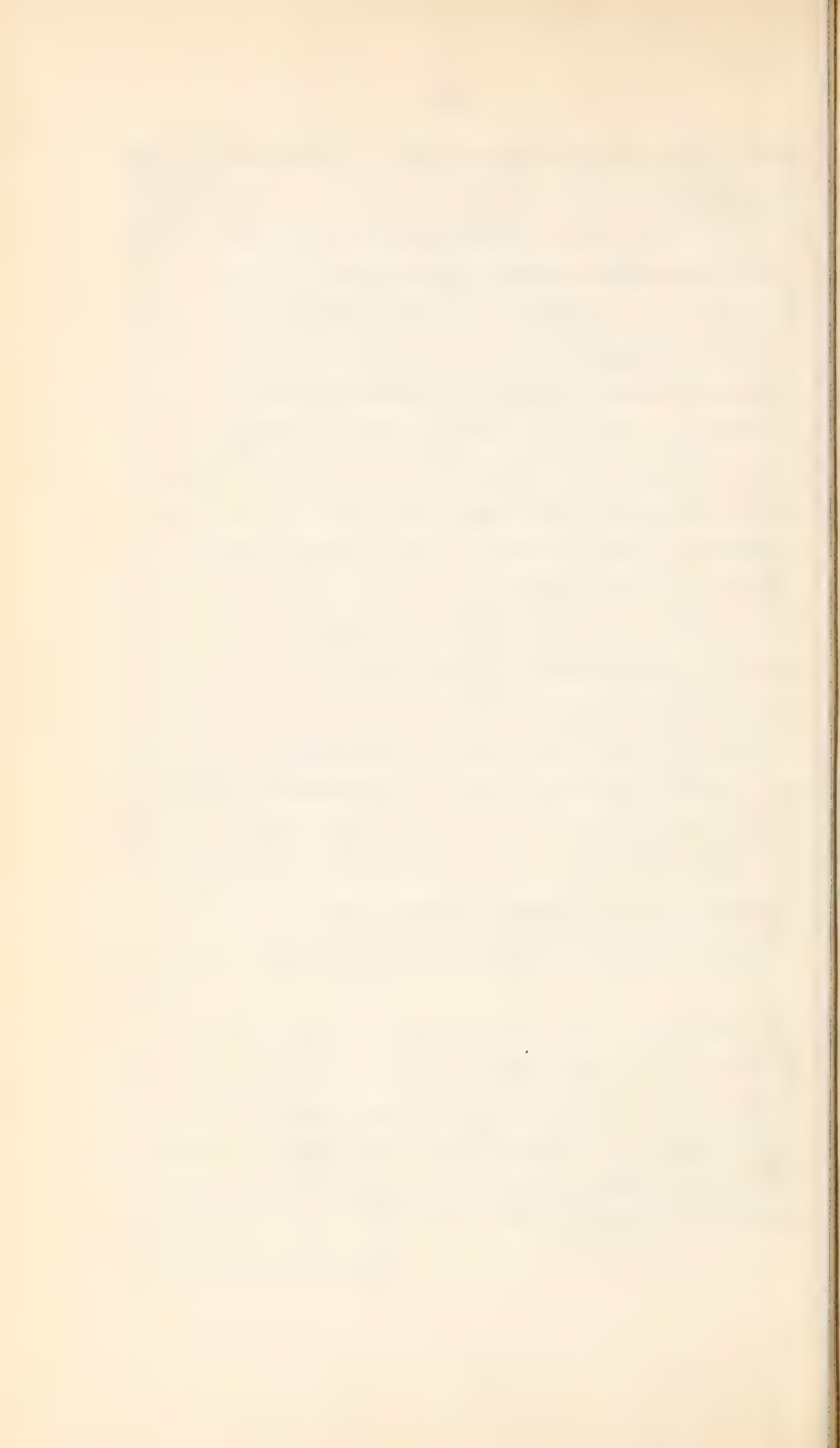
Die aus der Entwickelungsgeschichte entnommene Beobachtung, dafs Zweige sich nur in den Achseln des ersten und zweiten oder selbst nur in der Achsel des ersten Blattes bilden (ersteres meist bei *Nitella*, letzteres gewöhnlich bei *Chara*), giebt uns ein leichtes Mittel an die Hand, auch an der ausgebildeten Pflanze die ersten Blätter der Quirle zu erkennen. Diesem Leitfaden folgend, habe ich bei einigen durch Gröfse und Dicke der Stengel dazu besonders geeigneten Arten (*Ch. ceratophylla* und *hispida*) die relative Lage der ersten Blätter der aufeinanderfolgenden Quirle untersucht und die angegebene Regel, dafs dieselben eine stets links gedrehte Spirale mit Divergenzen von der Hälfte des Intervalls bilden, constant gefunden. Prof. Nägeli hat dagegen bei Untersuchung der jüngsten Quirle von *Nitella syncarpa* Abweichungen von dieser Regel beobachtet, indem er in an derselben Achse sich folgenden Quirlen die Divergenz der ersten Blätter bald nach der einen, bald nach der anderen Seite gerichtet fand. Da das Richtungsverhältnifs des Saftstromes von der Lage der ersten Blätter des Quirls abhängt, so gilt diese Ausnahme natürlich auch für die Verkettungsweise der Ströme in den aufeinander folgenden Stengelgliedern.

2. In den scheibenförmig plattgedrückten Zellen des Stengelknotens (den Gelenkzellen des Stengels) hat die Strömungsebene eine horizontale Lage.

Bei den Erläuterungen zu 1. habe ich gelegentlich der zwei Zellen erwähnt, welche, eingeschlossen von den Zellen des Zellkreises, durch welche die Grundlage des Quirls gelegt wird, den eigentlichen Stengelknoten oder das zwei Internodien verbindende Gelenk bilden. Bald bleiben diese beiden Zellen ungetheilt, bald theilen sie sich ohne erkennbare Regel weiter und bilden eine aus unbestimmt vielen Zellen gebildete Gelenk-

[1] Agardh l. c. p. 157.





scheibe. Bei der Gattung *Chara* sind diese Zellen sehr schwer zur Anschauung zu bringen, und verschwinden mit der völligen Ausbildung der Internodien wieder, so dafs die Internodialzellen älterer Stengel in direkte Verbindung treten ([1]); bei den Nitellen dagegen (z. B. *N. syncarpa* und *hyalina*) haben sie eine längere Dauer und lassen in den jüngeren Quirlen eine ihrer scheibenförmigen Gestalt entsprechende horizontale Saftströmung erkennen, die jedoch in Beziehung auf die Wendung der Ströme nach Rechts oder Links keine ganz bestimmte Regel zu befolgen scheint. In einem mir von Prof. Nägeli mitgetheilten Falle eines blofs zweizelligen Knotens von *N. syncarpa* war die Wendung des Stroms in den beiden Zellen eine entgegengesetzte und zwar so, dafs der Strom in der Peripherie des scheibenförmigen Knotens dem Bildungsgange der Blätter in den beiden Halbkreisen folgte und längs der Scheidewand durch die Mitte der Scheibe zurückkehrte, ein Fall, in welchem sich in anderer Weise wieder eine Beziehung der Stromrichtung zum Bildungsgange des Quirls erkennen läfst.

3. Im ersten Internodium des Hauptzweiges (des Zweiges aus der Achsel des ersten Blattes) schliefst sich der Strom nach derselben Regel an den des nächstunteren Internodium's des Stammes an, wie der des nächstoberen Internodium's des Stammes selbst; die Strömungsebene des ersten Internodium's des Zweiges hat somit eine schiefe Stellung zwischen Stamm und Tragblatt.

Die Characeen haben Zweige (Seitensprosse), welche dem Stamm (Mittelsprofs) im Ganzen oder einer gewissen oberen Abtheilung desselben ähnlich sind: Bereicherungszweige der oberen Region, für manche Arten sehr charakteristisch (*Nit. nidifica*, *fasciculata*); Wiederholungszweige, aus den unteren Regionen entspringend und in derselben Vegetationsperiode sich entwickelnd; Erneuerungszweige, die bei perennirenden Arten in einer folgenden Vegetationsperiode sich entwickeln (z. B. bei *Ch. stelligera*, bei welcher sie aus den kleinen sternförmi-

---

([1]) Längsschnitte durch alte Stengel von *Ch. ceratophylla* lassen hierüber keinen Zweifel.

gen, amylonreichen Quirlen, welche allein den Winter überdauern, hervorsprossen). Die unter die beiden letzten Rubriken gehörigen Zweige haben sogar in ihrer Jugend oft grofse Ähnlichkeit mit aus Sporen erwachsenden Pflänzchen, namentlich in Beziehung auf die mangelhafte Ausbildung der Blätter des ersten Quirls, ferner bei berindeten Arten durch das Fehlen der Rinde an den untersten Internodien u. s. w., eine Ähnlichkeit, auf die schon Agardh (¹) hingewiesen hat. Bei *Chara* entspringt aus einem Quirle meist nur ein Zweig und zwar in der Achsel des ersten Blattes; bei Nitellen (z. B. *N. syncarpa* in den obern Regionen) sind meist 2 auf derselben Seite des Quirls liegende, dem ersten und zweiten Blatt desselben angehörige Zweige vorhanden; zahlreichere Zweige mit ungleichzeitiger Entwickelung finden sich bei *Nit. prolifera* und den verwandten Arten der Untergattung *Tolypella*, aber auch bei anderen Nitellen (z. B. *syncarpa*) und selbst bei Charen (z. B. *fragilis*) aus dem zweiten Knoten der Pflanze. Ob in solchen Fällen auch andere, als die zwei ersten Blätter des Quirls Zweige in den Achseln erzeugen, oder ob alle überzähligen Zweige als Sekundärbildungen der Basis der primären Zweige entsprossen, wie es wahrscheinlicher ist, bedarf noch einer genaueren Untersuchung. Die Strömungsrichtung im ersten Internodium des Zweiges hängt ab von der Lage der ersten Blätter im ersten Quirl des Zweiges. Der erste Quirl des Zweiges stellt sich aber in ein Alternationsverhältnifs zu dem vorausgehenden Quirl des Stammes, wodurch sich die für den Hauptzweig angegebene Regel erklärt und womit sich die noch weniger untersuchte Anschliefsung der Strömung beim Beginn der anderen Zweige wohl auch wird in Einklang bringen lassen. Ich habe das angegebene Verhältnifs an *Ch. ceratophylla* und *hispida* ermittelt; auch *Nitella syncarpa* schien mir übereinzustimmen.

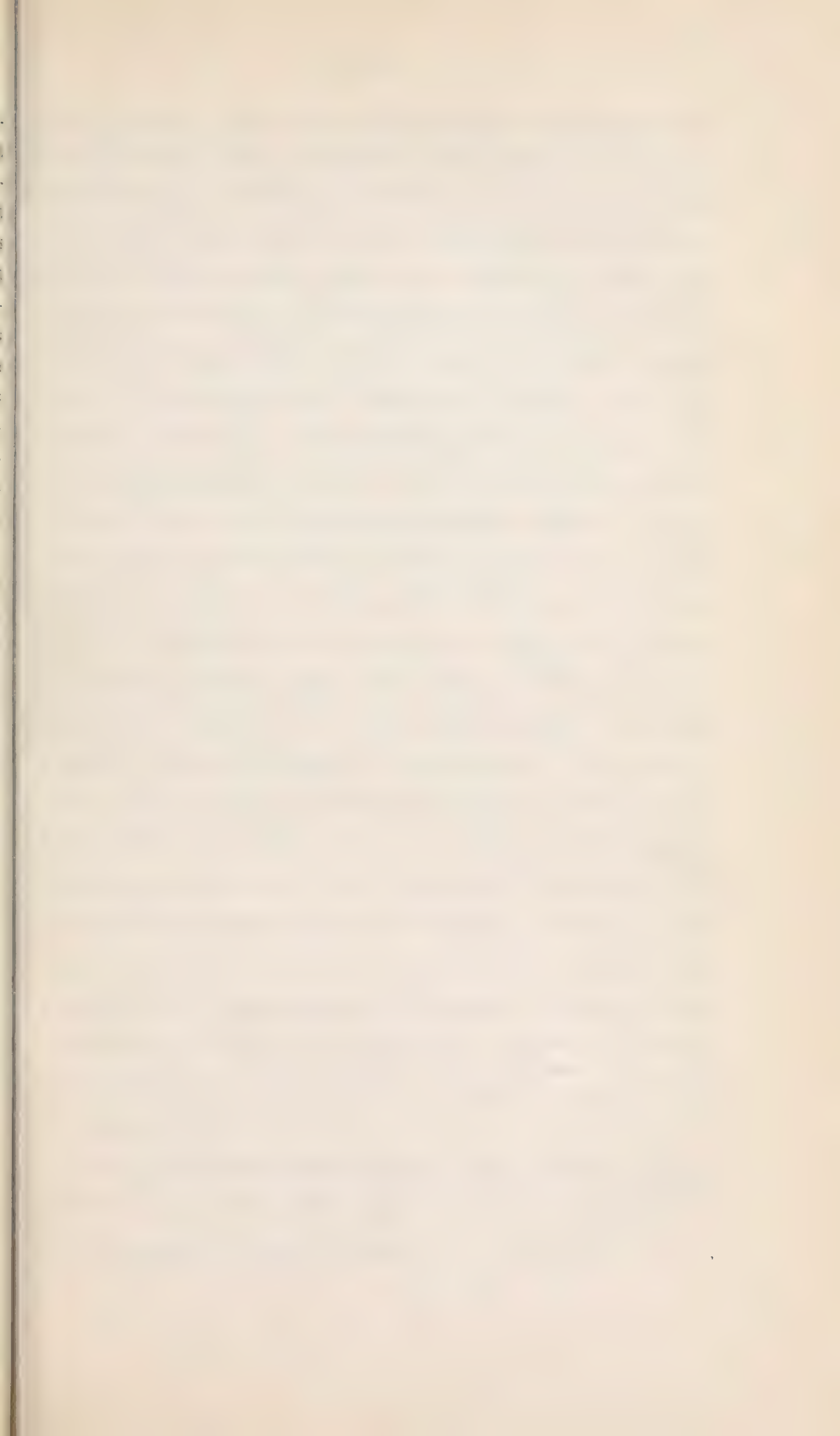
B. In den Blättern.

Wenn ich die Theile der Characeen, welche von fast allen neueren Schriftstellern Ästchen (*ramuli*) genannt werden, in Übereinstimmung mit den alten vorlinnéischen (²) Botani-

---

(¹) l. c. p. 154, nebst einer Abbildung eines solchen Zweigs, t. X. f. 6.

(²) Linné selbst nannte sie „frondes."





kern (z. B. dem um die Kenntnifs der Charen verdienten Vaillant) Blätter nenne, so geschieht dies defshalb, weil sie sich vom Stengel in mehrfacher Beziehung wesentlich unterscheiden und, ungeachtet ihrer für Blätter ungewöhnlichen Formverhältnisse, doch gewisse charakteristische Hauptmerkmale der Blätter besitzen. Während der Stengel der Characeen in der fortwährenden Theilung und Neuerzeugung seiner Scheitelzelle die Möglichkeit einer unbegrenzten Gliederbildung besitzt und diese Glieder in derselben Ordnung, in welcher sie gebildet worden, auch zur Ausbildung bringt, schliefsen die Blätter der Characeen ihre Bildung mit einer bestimmten Zahl von Gliedern ein für allemal ab, indem die Scheitelzelle selbst den Charakter einer Gliederzelle annimmt und in der Ausbildung durch Wachsthum die von ihr aus rückschreitende Reihe beginnt. So kann man auf Stengel und Blatt der Charen, wiewohl die erste Bildung der Zellen des letzteren unzweifelhaft in aufsteigender Ordnung geschieht, doch vollkommen die Definition Schleiden's ([1]) anwenden, durch welche der Stengel als das Product der ersten, ursprünglichen, nach einer Richtung unbegrenzt fortwirkenden bildenden Thätigkeit, das Blatt als das Produkt der zweiten, abhängigen, in ihrer eigenthümlichen Weise sich selbst begrenzenden Thätigkeit bezeichnet wird. Von der anderen Seite zeigt der Bau der Characeenblätter allerdings eine ungewöhnliche Ähnlichkeit mit der Stengelbildung, eine Ähnlichkeit, die noch bestimmter aus dem Gang der Entwicklungsgeschichte erkannt wird. Wie der Stengel, so besteht auch das Blatt aus aneinander gereihten Gliedern, von denen wenigstens die unteren durch Knoten getrennt sind und als Internodien des Blattes bezeichnet werden müssen; wie aus den Knoten des Stengels die Quirle der Blätter, so entspringen aus den Knoten des Blattes die Quirle der sogenannten Bracteen, welche gleichsam Blätter zweiten Grades sind und sich gegenüber dem Hauptstrahl des Blattes als Seitenstrahlen desselben bezeichnen lassen.

Zum Blatte mufs man noch einen Theil rechnen, der bei oberflächlicher Betrachtung dem Stengelknoten anzugehören

---

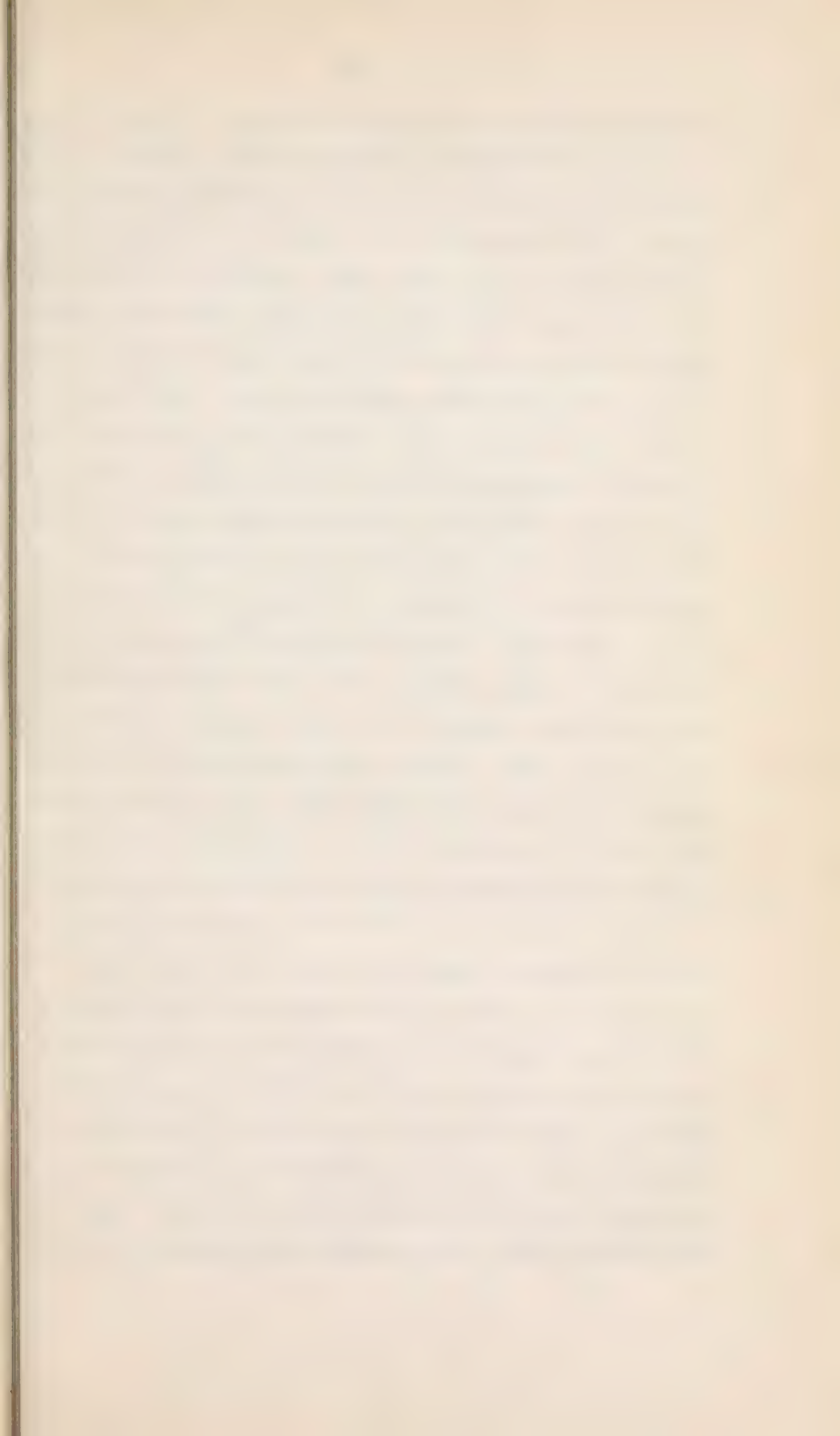
([1]) Grundzüge, 3. Auflage II. p. 117.

scheint, aber der Bildungsgeschichte zufolge dem Blatte angehört. Er kann dem Blattkissen höherer Gewächse verglichen und als Basilarknoten des Blattes bezeichnet werden. Der Basilarknoten entwickelt in seinem Umkreis, besonders auf der freieren unteren Seite, Gebilde, welche sich den Nebenblättern höherer Gewächse vergleichen lassen, und endlich verdankt selbst die Decke, welche bei den berindeten *Chara*-Arten den Stengel überzieht, dem Basilarknoten der Blätter ihren Ursprung wefshalb ich auch ihre Betrachtung an die des Blattes anreihe.

4. In allen Gliederzellen des Hauptstrahls des Blattes, sowohl in den primären, welche die Spitze des Blattes bilden, als in den sekundären oder Internodialzellen, welche dessen unteren Theil bilden, ist die Strömnngsebene im Verhältnifs zur Basis des Blattes senkrecht, im Verhältnifs zum Stengel radial (den Stengel senkrecht in der Richtung des Radius schneidend) und zwar so, dafs der aufsteigende Strom sich aufsen (auf der Rückenseite), der absteigende innen (auf der Bauchseite des Blattes) befindet. Letztere ist zugleich die Seite, auf welcher in den Knoten des Blattes die Bildung der Secundärstrahlen (Seitenblättchen) beginnt und auf welcher diese sich kräftiger ausbilden, so dafs also der absteigende Strom sich auf der Seite der geförderten Bildung befindet.

Es geht aus dem Gesagten hervor, dafs die Anschliefsung der Strömungsrichtung im Blatt von der im Zweig (3) wesentlich verschieden ist, so wie, dafs das Verhältnifs des auf- und absteigenden Stromes zur Ausgangsseite der Zellbildung in den Knoten des Blattes gerade das Umgekehrte ist von dem im Stengel (1), Momente, die für die Unterscheidung des Blattes vom Stengel von Bedeutung sind. Die genaue Erörterung dieser Verhältnisse macht einige Bemerkungen über den Bau und die Entwickelungsgeschichte der Blätter nothwendig.

Wie es berindete und unberindete Stengel bei den Characeen giebt, so auch berindete und unberindete Blätter, wovon natürlich die leichtere oder schwerere Sichtbarkeit des Stromes in der Reihe gestreckter Zellen des Hauptstrahls des

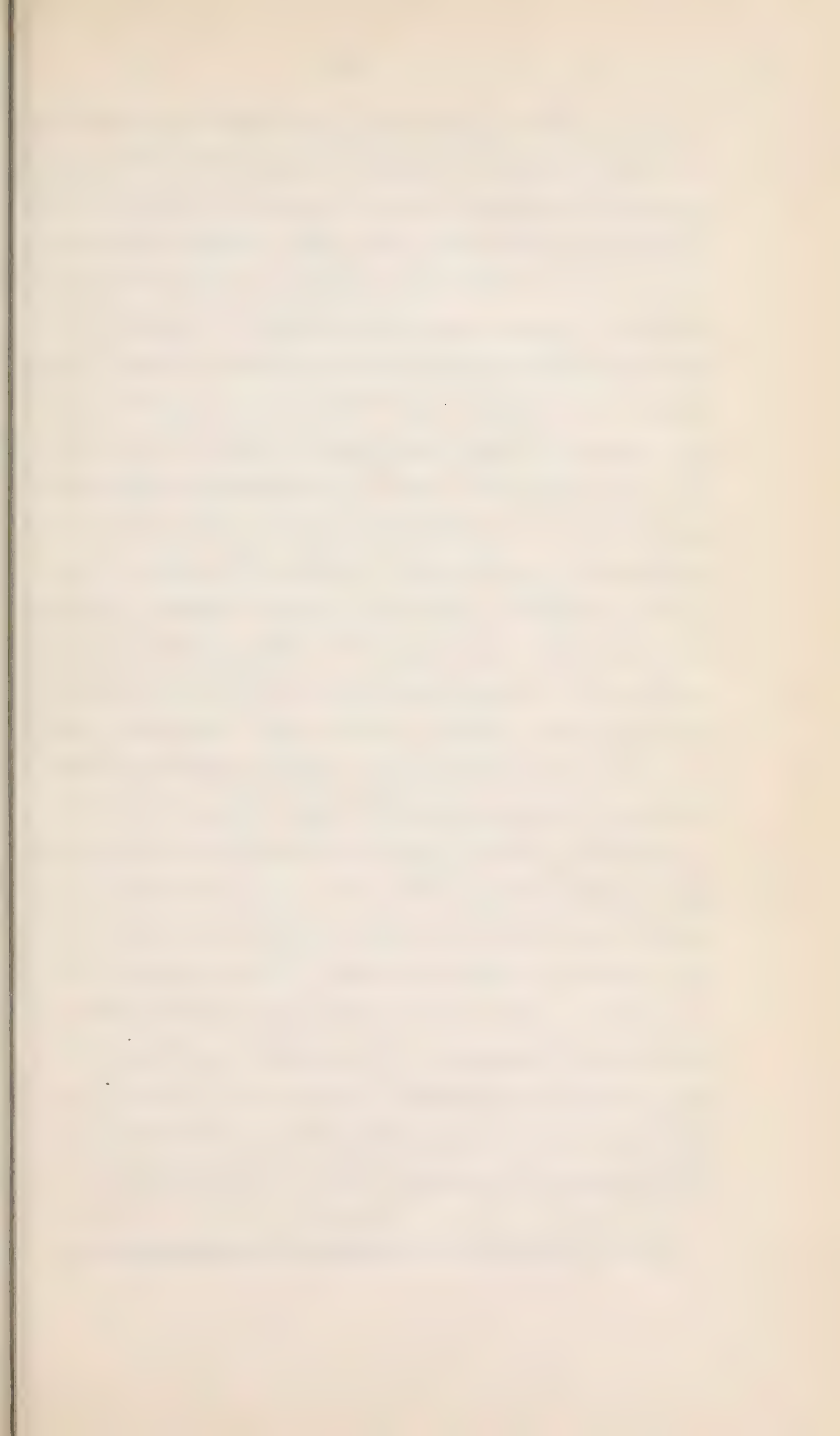




Blattes abhängt. Es bedarf übrigens bei berindeten Blättern keiner Schälung, indem wenigstens im jugendlichen Zustand die Strömung durch die Rindenschicht hindurch sichtbar ist. Unberindete Blätter haben alle Nitellen (und Tolypellen), die Untergattung *Lychnothamnus* von *Chara*, von ächten Charen alle diejenigen, welche einen unberindeten Stengel besitzen, aber auch einige Arten mit berindetem Stengel, wie z. B. *Ch. Baueri*, *Hookeri*, *gymnophylla*. Die Charen mit berindeten Blättern haben über dem berindeten Theil des Blattes mindestens eine, meist aber 2 oder mehrere unberindete Zellen, welche eine bald sehr kurze (*Ch. fragilis*), bald verlängerte (*Ch. foetida*) nackte Spitze des Blattes bilden. Die nackten Zellen sind in diesem Falle primäre Gliederzellen, die berindeten sekundäre (Internodialzellen), doch kommt auch der Fall vor, dafs die letzteren nicht alle berindet sind. So ist z. B. bei *Ch. Hydropitys* von 5 bis 6 Internodien des Blattes meist nur das zweite berindet; bei *Ch. gymnopus*, *polyphylla* und den übrigen exotischen Arten der Gruppe der Gymnopoden ist das unterste Internodium des Blattes constant unberindet, während die folgenden berindet sind. Die Zahl der Glieder, welche den Hauptstrahl des Blattes bilden, ist übrigens sehr verschieden. Manche Nitellen (z. B. *flexilis*, *syncarpa*) haben nur 2 Glieder, ja, wenn sie ein Antheridium tragen, sogar nur 1 Glied; *Nitella mucronata* hat meist 3 Glieder, von denen die zwei untersten Internodialglieder sind; bei den Charen ist die Zahl der Glieder stets gröfser und steigt bei manchen Arten auf 12 bis 14 (*Ch. polyphylla*), von welchen 10-12 durch Internodialzellen gebildet werden.

Der verschiedene Werth der Zellen, welche die Glieder des Hauptstrahls des Characeenblattes bilden, findet seine Erklärung in der Entwickelungsgeschichte des Blattes. Das Blatt beginnt, wie früher gezeigt wurde, als einfache Zelle im Umkreis des Stengelknotens; diese tritt, indem sie sich verlängert, mehr und mehr aus dem Knoten hervor und theilt sich successiv, und zwar in aufsteigender Ordnung, durch horizontale Wände in eine Reihe gleichartiger Zellen, die primären Gliederzellen. Dafs dieser erste Akt der Zellbildung, durch welchen die Grundlage der Gliederung des Blattes gelegt wird,

ein aufsteigender ist und, wie beim Stengel, durch wiederholte Theilung einer Scheitelzelle erfolgt, geht aus vielfachen Untersuchungen, namentlich an *Ch. fragilis*, auf das unzweifelhafteste hervor. Sobald die bestimmte Zahl der Glieder erreicht ist, verliert die Scheitelzelle die Fähigkeit weitere Glieder aus sich zu erzeugen und erhält dadurch selbst den Werth einer primären Gliederzelle. Ist die Reihe der primären Gliederzellen beschlossen, so tritt, analog den schon betrachteten Vorgängen im Stengel, ein neuer Akt der Zellbildung ein, indem die primären Gliederzellen, mit Ausnahme von 1, 2 oder mehreren obersten, sich abermals in horizontaler Richtung, jedoch in 2 ungleiche Zellen theilen, von denen die untere, namentlich bei der Gattung *Chara*, viel niedriger ist, als die obere, und die Gestalt einer sehr flachen, biconvexen Linse hat, während die obere eine biconcave Linse darstellt. Die untere, eine Dauerzelle, die sich nie mehr theilt, ist die sekundäre Gliederzelle, die in ihrer Verlängerung später als Internodium des Blattes erscheint; die obere, welche ich, wie beim Stengel, als primäre Knotenzelle bezeichne, bildet sich in horizontaler Richtung aus und wird, indem sie sich weiter theilt, zum Knoten, von welchem die Seitenstrahlen des Blattes ausgehen. So erhält das Blatt erstlich eine bestimmte Zahl von Gliedern, welche durch sekundäre Gliederzellen gebildet und durch Knoten getrennt sind, und zweitens über dem letzten Knoten noch ein, zwei oder mehrere primäre, daher nicht durch Knoten getrennte Gliederzellen, von denen die letzte die zur Gliederzelle degradirte Scheitelzelle ist. Weitere Zellbildungsprocesse treten nun in der primären Knotenzelle ein, jedoch nicht ganz in der Weise, wie wir es im Stengel gesehen haben, indem die Theilung der primären Knotenzelle in zwei sekundäre, halbkreisförmige fehlt. Es bildet sich vielmehr direkt aus der primären Knotenzelle ein Zellkreis, der eine einzige Centralzelle, als eigentlichen Knoten, einschliefst, während die Zellen des Zellkreises als die Grundlage der quirlständigen Seitenstrahlen des Blattes zu betrachten sind. Die Bildung dieses Zellkreises ist, wie beim Stengel, eine successive, an bestimmter Stelle anhebende, und zwar, wie aus vielen Beobachtungen unzweifelhaft hervorgeht, ist es die innere, dem Stengel zugewendete Seite





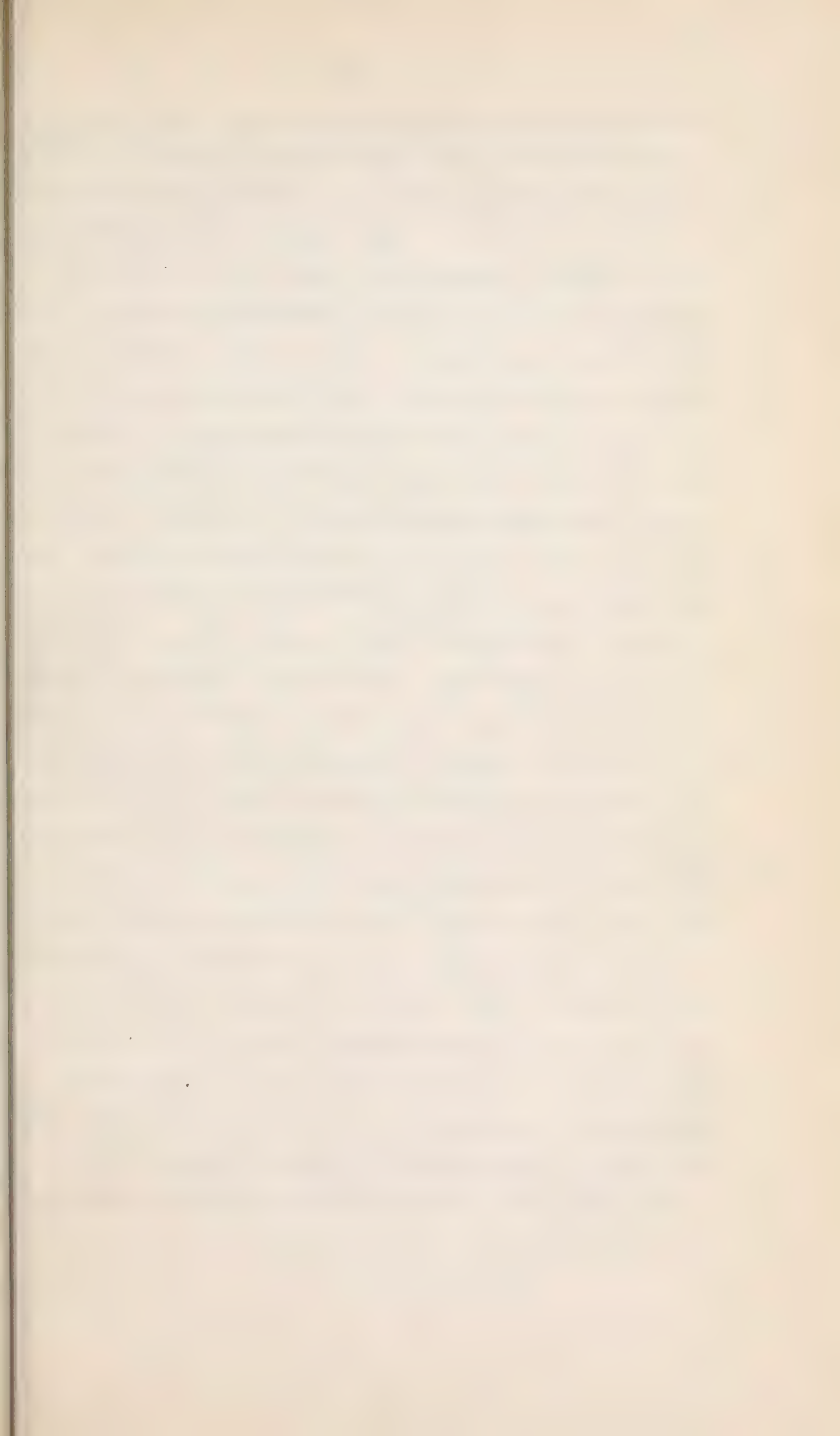
des Knotens, auf welcher die erste Zelle des Zellkreises entsteht. Dem Gange der Entstehung entspricht auch die spätere Ausbildung, indem die Seitenstrahlen an der Innenseite des Blattes sich nicht nur früher, sondern meistens auch kräftiger, ja oft allein ausbilden, indem die der Hinterseite angehörigen zu kaum bemerkbaren Wärzchen verkümmern, wie dies z. B. bei *Ch. foetida* und *fragilis* der Fall ist.

Vergleichen wir nach diesen Erläuterungen das Verhältnifs der Strömung in den Internodien zur Richtung der Zellbildung in den Knoten, wie es in Stengel und Blatt sich herausstellt, so mufs es auffallend erscheinen, dafs im Stengel der aufsteigende Strom die Seite der anhebenden Bildung bezeichnet, im Blatt dagegen der absteigende. Dieser Widerspruch löst sich jedoch völlig und in einer in Beziehung auf die Charakteristik von Blatt und Stengel überraschenden Weise, wenn wir die allmälige Ausbildung des Blattes und den damit in Verbindung stehenden allmäligen Eintritt der Rotation verfolgen. Schon bei der Bildung der letzten Zellen des Blattes, der nachher zu beschreibenden Rindenzellen, bemerkt man ein Schwanken zwischen auf und absteigender Entstehungsfolge ([1]), in der Ausbildung der Zellen aber wird ein durchaus rückschreitender Gang eingeschlagen, indem zuerst die Endzelle des Blatts, indem sie sich verlängert und zuspitzt, ihre letzte Gestalt und volle Gröfse erreicht, welcher die übrigen primären und dann die sekundären Gliederzellen mit ihrem Zubehör in absteigender Ordnung nachfolgen. In derselben Ordnung tritt auch die Strömung in den Zellen ein. Bei *Ch. fragilis*, bei welcher ich den Eintritt der Strömung in den Blättern verfolgt habe, erkennt man die Strömung in der Endzelle des Blattes nicht eher, als bis diese etwa $2\frac{1}{2}$ mal so lang als breit ist d. i. etwa die absolute Länge von $\frac{1}{10}$ Mill. erreicht hat. Das ganze Blatt ist um diese Zeit kaum $\frac{1}{3}$ Mill. lang; die Zellkreise um die Knoten sind gebildet, aber weitere Theilungen in denselben noch nicht eingetreten. An etwas jüngeren Blättern, bei welchen die Bildung der Zellkreise noch nicht beendigt war, zeigte die erst zweimal so lange als breite Endzelle einen schaumig-bla-

([1]) Ich habe darüber die bestimmtesten Nachweise von *Ch. fragilis*.

sigen Inhalt noch ohne Strömung. Der Endzelle folgt im Eintritt der Strömung rasch die zweitobere, gleichfalls nackte (primäre) Gliederzelle bei einer Länge, die den Querdurchmesser noch wenig übertrifft, und dieser folgen die versteckten noch linsenförmigen Internodialzellen. Die Strömung in diesen letzteren tritt gleichzeitig mit den letzten Zellbildungsakten des Blattes ein d. i. in der Zeit, in welcher die Zellkreise ihre weiteren und letzten Theilungen eingehen, so dafs mit vollendeter Anlegung des später zu beschreibenden Rindengetäfels auch in allen Internodialzellen die Strömung eingetreten ist. Es haben diese Zellen zur Zeit des Eintritts noch die linsenförmige Gestalt, indem ihre Höhe etwa $\frac{1}{3}$ der Breite beträgt, und nicht selten trifft man Stadien, in welchen die oberen schon gewölbteren linsenförmigen Zellen die Rotation bereits zeigen, während sie in den unteren flacheren noch fehlt. Ist die Rotation eingetreten, so geht die Linsengestalt durch die der Kugel allmälig in die spätere Walzenform über und die nackten Endzellen, welche beim Eintritt der Strömung die längsten waren, werden bald von den berindeten Internodialzellen weit übertroffen. Aus den dargelegten Verhältnissen ist klar, dafs die Richtung der Strömung hier ganz in demselben Verhältnifs zu den Entwickelungsvorgängen steht, wie im Stengel, also wesentlich demselben Gesetze folgt. Der absteigende Strom hat für das Blatt dieselben Beziehungen, welche der aufsteigende für den Stengel hat, entsprechend der entgegengesetzten Entwickelung beider.

Es läfst sich noch eine andere Betrachtungsweise anstellen, um die im Blatt herrschende Strömungsrichtung in ihrer Bedeutsamkeit aufzufassen. Der Bildungsgang des Sprosses ist bei den Characeen, wie bei allen blattbildenden Pflanzen, ein centripetaler, d. h. die neuen Theile bilden sich, wenn man von der nicht bei allen Pflanzen vorkommenden Längendehnung absieht, stets innerhalb der früher gebildeten aus dem die Bildungsthätigkeit bewahrenden Centrum, dem sogenannten Vegetationspunkt. Betrachtet man nun die Verkettung der Ströme als einen zusammenhängenden Strom, so erscheint auch der Strom des Blattes als ein centripetaler und die Gesammtströmung eines Quirls läfst sich einem umgekehrten Springbrunnen





vergleichen, als ein strahlig in der Peripherie aufsteigender und nach dem Centrum zurücksinkender Strom, eine Betrachtungsweise, die sich, wie ich in der nächsten Nummer zeigen werde, ebenso auf das Strömungsverhältnifs der Seitenstrahlen des Blattes zum Hauptstrahl anwenden läfst.

Im Blatte verketten sich die Strömungen wirklich in der Art, welche man unrichtiger Weise auch auf den Stengel angewendet hat, nämlich so, dafs der Strom in dem folgenden Gliede den des vorausgehenden in derselben Ebene und in derselben Richtung fortsetzt, somit an der Grenze zweier Glieder die Ströme in entgegengesetzter Richtung übereinander gleiten. Es hängt dies mit der gegenseitigen Stellung der Quirle der Seitenstrahlen zusammen, welche nicht, wie im Stengel, abwechseln, sondern in gleicher Richtung übereinander liegen, d. h. opponirte Stellung haben, so dafs auch alle ersten Seitenstrahlen der aufeinanderfolgenden Quirle in eine senkrechte Linie fallen. Doch giebt es, abgesehen von den durch die nach oben meist abnehmende Zahl der Quirltheile herbeigeführten Verhältnisse, auch hiervon Ausnahmen. An den Blättern von *Ch. ceratophylla* habe ich öfters gleichzählige Quirle zwar nicht rein alternirend, aber doch etwas (etwa um $\frac{1}{4}$ des Intervalls) gegeneinander verschoben gefunden und zwar in derselben Richtung, wie beim Stengel, nämlich links herum. Dafs in solchen Fällen die gleiche Richtung, wie beim Stengel eintritt, weist wieder auf den der rückschreitenden Entwicklung vorausgehenden aufsteigenden Bildungsprocefs hin. Anders verhält es sich mit der Drehung der Blätter, welche, wie beim Stengel, erst im Laufe der Entwicklung eintritt. Sie erscheint seltener als die Drehung des Stengels und ist ebenso constant rechts, als die des Stengels links. Ich fand sie auffallend stark bei gewissen langblättrigen Varietäten von *Ch. hispida* und *fragilis*; in sehr schwachem Grade scheint sie übrigens bei den meisten *Chara*-Arten vorzukommen und spricht sich besonders an den noch knospenartig geschlossenen Quirlen durch eine der Aestivatio contorta der Blüten höherer Gewächse vergleichbare schiefe Lage und Deckung der Quirlstrahlen aus.

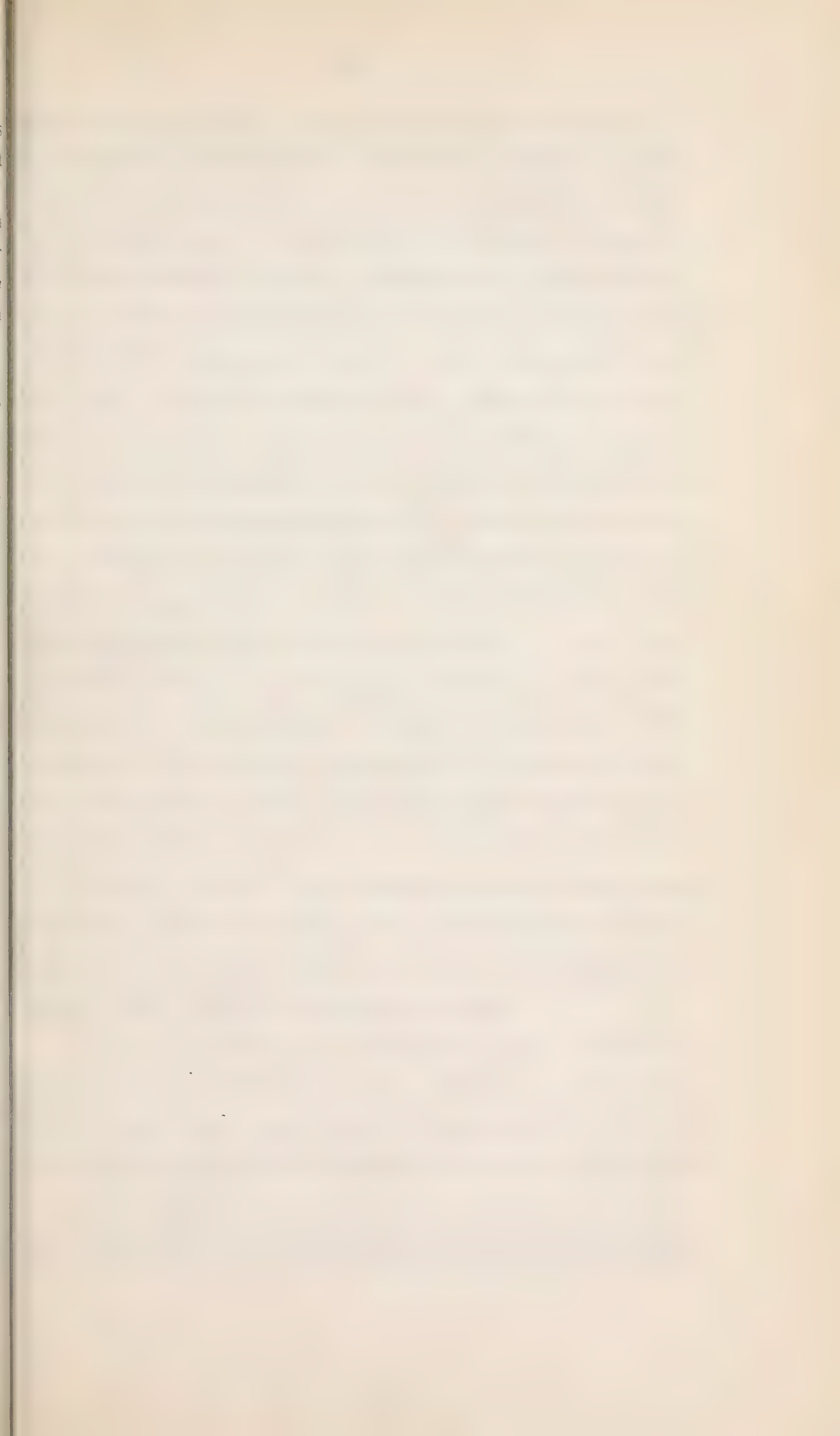
5. In der centralen Gelenkzelle der Knoten des Blattes ist die Strömungsebene, wenn überhaupt Strömung eintritt, wahrscheinlich horizontal.

Ich würde diese Nummer übergangen haben, wenn ich nicht glaubte, bei *Nit. syncarpa* Spuren von Strömung in der Centralzelle des Blattknotens gesehen zu haben. Bei *Chara* zweifle ich sehr an dem Vorkommen der Rotation in diesen Zellen.

6. In den Gliederzellen der Seitenstrahlen des Blattes (seien es Seitenstrahlen ersten Grades oder höherer Grade) verhält sich die Stromrichtung zum (relativen) Hauptstrahl, wie in den Gliedern des Hauptstrahls zum Stengel; der Strom geht auf der Rückenseite aufwärts, auf der Bauchseite abwärts.

In Betreff der Seitenstrahlen der Blätter herrscht unter den Characeen eine grofse Mannigfaltigkeit, welche auf die Tracht der Arten von besonderem Einflufs ist. Besitzt der Hauptstrahl des Blattes zahlreichere Internodialzellen, somit auch zahlreichere Knoten, wie dies bei allen Arten der Gattung *Chara* der Fall ist, so treten die Seitenstrahlen als quirlartig nm die Knoten geordnete, an Länge hinter dem Hauptstrahl zurückbleibende Blättchen (Foliola) auf, welche man unpassend Bracteen genannt hat, eine Benennung, die höchstens in einigen Fällen in gewissem Sinne gerechtfertigt werden kann, worauf ich später zurückkomme. Ihre Zahl beträgt am häufigsten 6 bis 7 für einen Quirl, auch wohl 8 bis 9 (*Ch. crinita*), oder selbst 10-11 (*Ch. polyphylla*). An den oberen Knoten des Blattes ist ihre Zahl meist geringer, als an den unteren, doch fand ich nie weniger als 5. Sie bestehen bei *Chara*, wenn man von den später zu betrachtendeu Basilarknoten absieht, nur aus einer einzigen Zelle [1], welche sich entweder zu einem verlängerten Gliede ausbildet, oder auch nur ein kleines, oft unmerkliches Wärzchen darstellt, beides oft in demselben Quirl. Besonders häufig ist der Fall, dafs die äufseren Blättchen in der angegebenen Weise verkümmern, während die innern zu längeren

[1] Eine Ausnahme machen die zur Fructification bestimmten Seitenstrahlen.





Gliedern sich ausbilden, wie z. B. bei *Chara foetida*, *fragilis* ([1]) und anderen. Bei zahlreichen Arten sind übrigens die Blättchen sämmtlich verlängert und ziemlich gleichmäfsig entwickelt, wie z. B. bei *Ch. barbata* und den übrigen Arten der Abtheilung *Lychnothamnus*, bei *Ch. Hydropitys*, *Preissii*, *crinita*, so wie auch gewöhnlich bei *Ch. ceratophylla* und manchen Formen von *Ch. hispida*. Sämmtliche Blättchen zeigen eine sehr geringe Ausbildung, so dafs sie leicht ganz übersehen werden, bei *Ch. australis*, *corallina* und *connivens*. Eine stärkere Entwickelung haben die Seitenstrahlen an den wenigknotigen Blättern der Nitellen, bei welchen sie, der Fortsetzung des Hauptstrahls an Stärke fast gleichkommend, als Segmente gabeliger oder fächerartig getheilter Blätter erscheinen. Bei vielen Arten sind sie selbst mehrgliedrig und mit einem oder zwei Knoten versehen, von welchen Seitenstrahlen zweiten Grades entspringen, die in ähnlicher Weise wieder Seitenstrahlen dritten Grades aussenden können u. s. w. So entstehen die 2-, 3- und mehrfachgetheilten Blätter mancher Nitellen, an deren Spitze *N. congesta* steht, bei welcher die Theilung bis zum vierten Grade steigt. Die weitere Verfolgung der hierher gehörigen Fälle würde zu weit abführen, ich begnüge mich daher noch beizufügen, dafs die letzten, sich nicht weiter theilenden Strahlen eingliedrig (*Nit. flexilis*, *syncarpa*), oder 2-gliedrig (*N. tenuissima*, *flabellata*), ja selbst 3- bis 4-gliedrig (*N. gelatinosa*, *nidifica* etc.) sein können.

Bei den Nitellen ist die Rotation in den Seitenstrahlen aller Grade sehr leicht sichtbar und die Beurtheilung der Richtung derselben durch deutlich vorhandene Indifferenzstreifen erleichtert; schwieriger erkennt man sie in den Blättchen der Charen, denen auch der Indifferenzstreif fehlt.

7) In den Zellen des Basilarknotens des Blattes ist die Strömungsebene im Verhältnifs zum Längenwachsthum des Blatts horizontal. Die Richtung nach rechts oder links ist in den Zellen eines und desselben Basilarknotens gemischt und veränderlich,

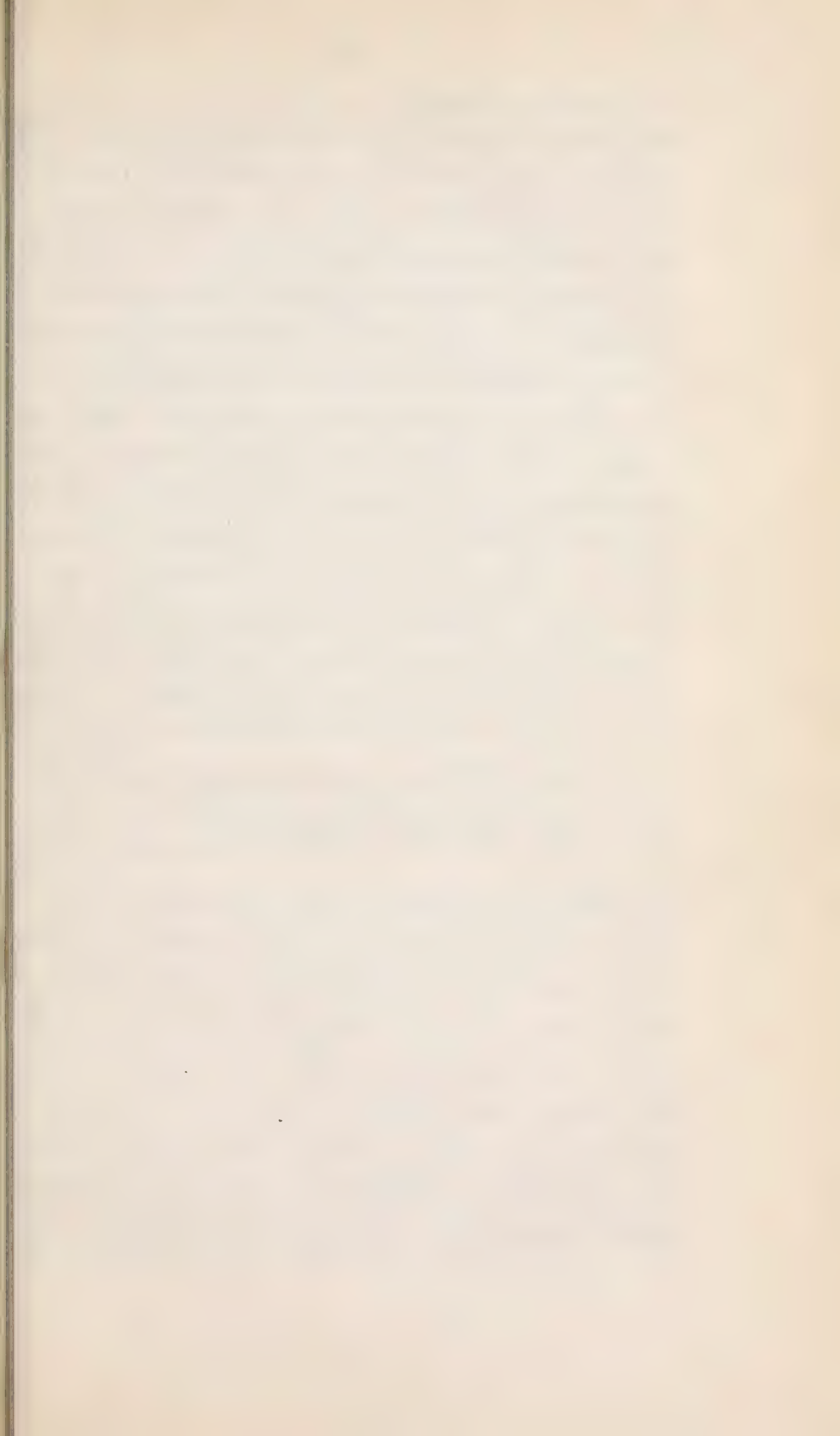
---

([1]) „Frondibus interne dentatis" charakterisirte Linné seine *Ch. vulgaris*, unter welchem Namen er *Ch. fragilis* und *foetida* vermischte.

doch zeigt sich (namentlich bei vierzelligen Knoten) eine Neigung zu symmetrischer Vertheilung der Richtungen.

Während in der ungetheilten Centralzelle, die das Innere der Knoten zwischen den Gliedern der Blätter bildet, die Strömung noch zweifelhaft ist (5), so ist sie dagegen in den Zellen der Zellscheibe, welche das Blatt trägt und mit dem Stengel verbindet, und welche dem Knoten eines untersten, im Stengel versteckten Blattgliedes entspricht, mitunter leicht zu sehen, namentlich bei den durchsichtigeren Nitellen. Die erwähnte Zellscheibe besteht bei diesen aus einer sehr verschiedenen, nicht blofs bei einer und derselben Art, sondern sogar bei den Blättern eines und desselben Quirls veränderlichen Anzahl von Zellen, über deren Entstehungsfolge und Anordnungsweise eine bestimmte Regel noch nicht gefunden wurde. Bei *N. syncarpa* wechselt die Zahl der Zellen von 4 bis 16, bei *N. flexilis* fand ich bis 22, bei *N. tenuissima* am häufigsten nur 4 Zellen. Die Strömung ist in diesen scheibenförmig niedergedrückten Zellen stets horizontal, im übrigen aber höchst veränderlich. In den vierzelligen Basilarknoten von *N. tenuissima* fand ich häufig die Strömung in den beiden vorderen Zellen entgegengesetzt, aber in verschiedener Weise, nämlich bald gleichnamig den Seiten (in der Zelle der rechten Seite rechts, der linken Seite links), bald ungleichnamig (rechts links, links rechts). Die 2 hinteren Zellen stimmten alsdann entweder mit den vorderen überein, oder sie zeigten selbst wieder den vorderen entgegengesetzte Strömung.

So wenig das Dunkel in Betreff der Bildungsgeschichte des Basilarknotens bis jetzt aufgehellt ist, so ist doch so viel gewifs, dafs er aus derselben Zelle, aus welcher das Blatt entsteht, der Zelle jenes ersten Zellkreises, mit welchem sich der Stengelknoten umgiebt, seinen Ursprung nimmt. Daher mufs der Basilarknoten auch noch zum Blatte gerechnet werden, wiewohl man ihn dem Anscheine nach lieber noch dem Stengel zuschreiben möchte, indem er an der Bildung des äufserlich sichtbaren Theiles des Stengelknotens den gröfsten Antheil hat, ja durch die aus ihm entspringende Rindendecke selbst die ganze Oberfläche der Internodien des Stengels überziehen kann.



r erinnert in vieler Beziehung an das Blattkissen höherer Ge-
ächse. Bei phanerogamischen Pflanzen, deren Blattkissen deut-
ch begrenzt sind, sieht man diese gleichfalls die ganze Oberfläche
es Stengels bedecken, z. B. bei den Cacteen, namentlich manchen
)puntien, oder bei den Nadelhölzern, namentlich den Fichten
Picea), Cypressen u. s. w. Der Basilarknoten scheidet sich
on dem übrigen Blatte schon in der frühesten Bildungszeit, bei
hara nachweislich schon vor Bildung der über demselben befind-
chen Gliederungen, indem man aus der Basis des im Übrigen
och einzelligen Blattes bereits nach unten eine Zelle hervortreten
ieht, welche dem Basilarknoten angehört und aus welcher sich
päter die unteren Nebenblätter und der absteigende Theil der
tengelberindung entwickeln. Wie nämlich aus den oberen
noten des Blattes peripherische Entwicklungen (Blättchen oder
egmente) hervorgehen, so auch aus dem Basilarknoten, jedoch
ı eigenthümlicher und höchst mannigfaltiger Weise. Es bil-
en sich nämlich aus dem Basilarknoten des Blattes 1) die ver-
chiedenen Formen der Nebenblätter (Stipulae); 2) die auf- und
bsteigenden Lappen, durch welche die Berindung des Stengels
ebildet wird, und endlich 3) trägt der Basilarknoten auch zu-
eilen noch zur Berindung des untersten Internodiums des
lattes bei.

8. In den Nebenblättern ist die Strömungsebene
arallel der Ebene des Basilarknotens des Blattes,
ald auf der rechten, bald auf der linken Seite auf-
teigend.

Ich mufs bemerken, dafs das angegebene Verhalten sich
unächst auf diejenige Form der Nebenblätter bezieht, welche
n dem doppelten Kränzchen am Grunde und auf der Aufsen-
eite des Quirls der meisten berindeten *Chara*-Arten auftritt,
ndem ich bis jetzt nur bei solchen (und zwar namentlich bei
h. crinita, *hispida* und *foetida*) die Strömung in den Neben-
lättern beobachtet habe. Sie ist, ebenso wie in den nachher
u erwähnenden Stacheln des Stengels, der Spärlichkeit des
otirenden Plasma's halber schwer zu sehen; die angegebene
ichtung derselben übrigens unzweifelhaft. Es bleibt dabei noch
äher zu ermitteln, ob bei dem gewöhnlichen Vorkommen von
Nebenblättern an der äufseren Basis eines Blattes, nämlich

2 oberen und 2 unteren, opponirt übereinanderliegenden, etwa eine symmetrische Gegenläufigkeit des Stromes derer der rechten und der linken Seite eintritt. In je 2 übereinander liegenden sah ich den Strom gleichläufig.

Das transversale Verhältnifs der Stromrichtung in den aus den Basilarknoten entspringenden Blättchen, die ich als Nebenblätter bezeichnet habe, mufs sonderbar und unerwartet erscheinen, wenn man dieselben mit den aus den übrigen Blattknoten entspringenden Blättchen, in welchen die Strömungsebene radiale Lage hat, vergleicht. Vielleicht kann die doppelte Beziehung, in welcher die Nebenblätter durch ihre Grenzstellung zwischen Blatt und Stengel sich befinden, zur Erklärung dieser scheinbaren Anomalie dienen. Die Nebenblätter haben über sich das Blatt, unter sich den Stengel und (bei den berindeten Arten) den dem Stengel sich anschliefsenden, abwärts wachsenden Lappen der Rinde des Stengels. Nach oben (auf das Blatt) bezogen, müfste der aufsteigende Strom auf der Unterseite des Nebenblattes sich befinden; nach unten (auf das untere Stengelinternodium) bezogen, müfste der aufsteigende Strom auf der Oberseite sich befinden. Beide Forderungen gleichen sich aus in der queren Lage des Stromes. Diese ist übrigens zugleich eine Fortsetzung der horizontalen Lage der Strömung in den Zellen des Basilarknotens selbst, weshalb man die betrachteten Nebenblätter auch wohl als aus dem Basilarknoten zwar hervortretende, aber sich nicht selbstständig über das Gesetz desselben erhebende Theile betrachten kann. Ob hierin auch alle anderen Modifikationen, in welchen die Nebenblattbildung auftritt, einstimmen, bedarf der weiteren Erforschung. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs die höher entwickelten Nebenblätter der Nitellen sich in Beziehung auf Strömungsverhältnisse anders und zwar zu ihren Hauptblättern so verhalten, wie Seitenstrahlen zum Hauptstrahl. Ich will nicht unterlassen, um das hier noch zu erforschende Gebiet näher zu bezeichnen, einen Blick in die grofse Verschiedenheit der Characeen in Beziehung auf Stipularbildung zu werfen.

Dafs hier überhaupt von Nebenblättern die Rede ist, mag denjenigen, welche gewohnt sind die Characeen als blattlose Zellenpflanzen sich vorzustellen, befremdend erscheinen; allein einmal die Anwesenheit von Blättern zugegeben, so ergiebt sich die Analogie gewisser mit den Blättern in Verbindung stehender Theile mit den





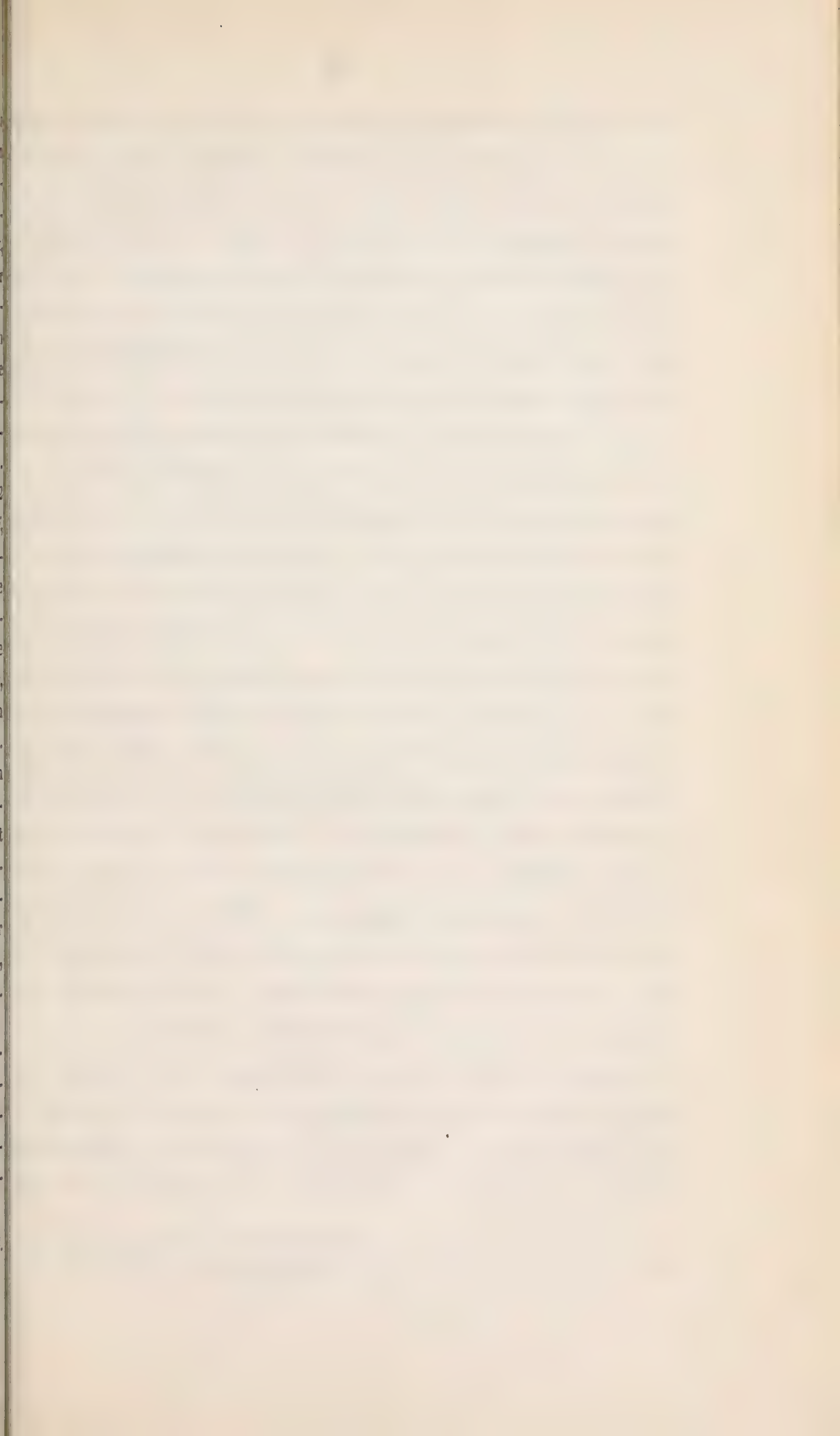
Nebenblättern der Phanerogamen von selbst. Wie die Nebenblätter der Phanerogamen in ihrem Ursprung mit dem Hauptblatt zusammenhängen und eigentlich nur basiläre Seitentheile desselben sind, so auch bei den Characeen, deren Nebenblätter von dem Basilarknoten des Hauptblattes ausgehen (aus dem Blattkissen des Hauptblattes entspringen). Wie die Nebenblätter der Phanerogamen zwar nicht in ihrer Entstehung, aber in ihrer Ausbildung dem Hauptblatte oft weit vorauseilen und hierin von der sonst gewöhnlichen absteigenden Ausbildungsfolge der Theile des Blattes abweichen, so gewöhnlich auch bei den Characeen, wie man besonders schön aus dem Vergleich jüngerer und älterer Quirle von *Ch. hispida* ersehen kann. Je jünger die Blätter, um so gröfser erscheinen verhältnifsmäfsig die Nebenblätter. Zu einer Zeit, in welcher das Hauptblatt von *Ch. hispida* etwa 1 Millim. lang ist und die Foliola desselben erst als schwache Wärzchen erscheinen, sind die Nebenblätter unter dem Blatt bereits fast ausgewachsen, haben ungefähr die halbe Länge des Hauptblattes und bedecken den ganzen berindeten Theil desselben. Wie sehr ändert sich dies später! Die Blätter erreichen eine Länge von 1 Zoll und mehr, während die Nebenblätter kaum mehr an Länge zunehmen, und nur noch einen Theil des untersten Internodiums des Blattes bedecken. Die vollkommensten Formen der Nebenblätter finden sich bei den Nitellen, bei welchen sie häufig den Hauptblättern ähnlich, nur kleiner und in Beziehung auf ihre Gliederung einfacher erscheinen. Sie kommen jedoch nicht allen Arten dieser Gattung zu, indem sie z. B. bei *N. flexilis*, *translucens*, *tenuissima* fehlen. Bei *N. syncarpa* sind meist 2 Nebenblätter in einem Quirle vorhanden, welche auf der Innenseite des Quirls aus dem von der Hauptwand des Stengelknotens abgewendeten Rande der Basilarknoten des ersten und zweiten Blattes entspringen. Der eigentlich 6-blättrige Quirl wird dadurch scheinbar zu einem 8-blättrigen, mit 6 gröfseren und 2 kleineren, mehr nach innen gerichteten Blättern. Bei *N. hyalina* entspringen auf der Aufsenseite jedes Blattes 2 Nebenblätter, welche 1 bis 2 mal getheilt sind, während die Hauptblätter 3 mal getheilt sind; der Quirl wird dadurch verdoppelt in einen äufseren Kreis aus 16 kleineren und einen inneren aus 8 gröfseren Blättern. Zuweilen kommen auch noch einige Nebenblätter auf der Innenseite des Quirls hinzu. Bei der neuholländischen *N. congesta* kommen

5 bis 6 Nebenblätter, welche 2 bis 3 mal getheilt sind, auf jedes der 8 vierfachgetheilten Hauptblätter, wodurch der Quirl ein ungemein dichtbuschiges Ansehen erhält. Bei den Charen sind die Nebenblätter (ebenso wie die früher betrachteten Blättchen) stets eingliederig d. h. aus einer Zelle gebildet, welche bald stark verlängert, bald warzenförmig verkürzt ist. Sie entspringen theils auf der Aufsenseite des Quirls und bilden alsdann den sogenannten Stachelkranz oder Bart unter dem Quirl, theils, wiewohl seltener, auch auf der Innenseite des Quirls. Die Zahl der auf der Aufsenseite an der Basis eines Blattes entspringenden wechselt von 1 bis 6, wobei sie eine, 2 oder 3 Reihen bilden. Einen einreihigen Stipularkranz aus je einem Nebenblatt unter dem Hauptblatt zeigt z. B. *Ch.* (*Lychnothamnus*) *alopecuroides*, *Agardhi*, *macropogon*; aus je 2 Nebenblättern unter jedem Hauptblatt *Ch. coronata*, *Drummondii*, *Hydropitys*. Häufiger sind die zweireihigen Stipularkränze, gebildet durch je 4 Nebenblätter unter jedem Hauptblatt, von denen die 2 oberen sich aufwärts dem Blatt, die 2 unteren abwärts dem Stengel anlegen. So bei *Ch. crinita*, *strigosa*, *hispida* u. s. w. Die Nebenblätter des unteren Kreises sind dabei oft bedeutend kürzer, als die des oberen, z. B. bei *Ch. galioides*; sie sind in beiden Reihen sehr kurz und warzenförmig bei den gewöhnlichen Formen der *Ch. foetida* und *fragilis*; von ersterer giebt es jedoch Varietäten mit in beiden Kreisen verlängerten Nebenblättern, von letzterer eine Varietät, bei welcher blos die des oberen Kreises stark verlängert sind ([1]). Ein dreifacher Stipularkranz findet sich ziemlich regelmäfsig bei *Ch. ceratophylla*, indem unter jedem Blatt 6 Nebenblätter, in 3 Reihen geordnet, sich befinden. Nebenblätter auf der Innenseite des Quirls finden sich regelmäfsig bei *Ch. macropogon*, *alopecuroides*, und wahrscheinlich noch bei manchen anderen Arten. Sie werden der versteckten Lage wegen leicht übersehen.

9. In den röhrenartig sich verlängernden Rindenzellen des Stengels ist die Strömungsebene parallel der Peripherie des Stengels (die Indifferenzebene radial); die in derselben Längsreihe übereinanderliegenden, ebenso wie die in derselben Quer-

---

([1]) *Ch. fragilis* var. *barbata* Ganterer, die österreichischen Charen t. 2. f. 15.





reihe befindlichen zeigen häufig abwechselnd Rechtswendung und Linkswendung des Stromes.

Die Saftströmung in den Rindenzellen wurde schon von Amici gesehen und ihre Existenz mit Unrecht bezweifelt. Schultz glaubte in dem Mangel des Indifferenzstreifens einen Grund ihres Fehlens zu finden. Später wurde ihr Vorkommen mehrfach bestätigt, namentlich von Ehrenberg, Dutrochet, der sie jedoch nur in den stacheltragenden Reihen der Rindenröhrchen fand, und von Schultz selbst ([1]), jedoch mit der unrichtigen Bemerkung, dafs die Strömung, wie in den Blättern, die radiale Richtung befolge. Eine richtige Darstellung der Strömung in den verlängerten Rindenzellen aller Reihen gab Meyen ([2]) von *Ch. fragilis*. Bei keiner anderen Art sah ich sie leichter und deutlicher als bei *Ch. crinita*, welche sich durch sehr weite Rindenröhrchen auszeichnet und sehr schwache Kalkablagerung besitzt. Bei *Ch. fragilis* sieht man sie meist an den jüngeren Internodien; bei den stärker incrustirenden Arten dagegen gelingt die Wahrnehmung der Strömung am sichersten an abgelösten und von der Innenseite betrachteten Rindenstücken (*Ch. hispida*, *ceratophylla*). Ein Indifferenzstreif ist allerdings gewöhnlich nicht oder nicht deutlich vorhanden, doch fand ich einen solchen bei *Ch. crinita* und besonders scharf ausgesprochen und sehr breit an einer kurzstacheligen Abart von *Ch. hispida.* Er theilt in diesem Fall den grünen Körnerbeleg sehr schön in eine rechte und linke Hälfte, die radiale Lage der Indifferenzebene, somit die der Peripherie parallele der Strömungsebene bestätigend. Eine Ausnahme von dieser Lage kam mir nur einmal bei *Ch. crinita* vor, indem in einem Rindenröhrchen, das dem absteigenden Theil der Rinde angehörte, der Strom auf der Aufsenseite abwärts, auf der Innenseite aufwärts sich bewegte, ein Fall, der von Interesse ist, indem hier die gewöhnliche Radialbeziehung, und zwar zu dem Internodium unterhalb des Knotens, von welchem der betreffende Rindentheil entsprang, eintrat.

Die in der Ebene der Stengeloberfläche rotirenden Ströme der Rindenzellen vollenden ihren Kreislauf nicht alle in derselben Richtung, sondern theils rechts, theils links. Eine constante Regel in

---

([1]) Die Natur der leb. Pflanze II. p. 25.

([2]) Neues Syst. der Pflanzenphysiol. II. t. 7. f. 11.

der Vertheilung der rechts- und linkswendigen Ströme findet nicht statt, wohl aber ist eine gewisse Abwechselung häufig, deren Betrachtung ich aber einige Bemerkungen über die Zusammensetzung der Rinde, wie sie aus der Entwickelungsgeschichte derselben erkannt wird, vorausschicken mufs.

Zur Untersuchung der Stengelberindung ist keine Art geeigneter, als *Ch. fragilis*. Die Rindenzellen sind in Längsreihen geordnet, deren je 3 einem Blatte des Quirls entsprechen, so dafs die Gesammtzahl aller Reihen das Dreifache der Quirlblätter und zwar, in der oberen Hälfte des Internodiums, des nächst oberen Quirles beträgt. In der unteren Hälfte des Internodiums finden sich drei Reihen weniger, als der nächst untere Quirl Blätter zählt, was daher rührt, dafs ein bestimmtes Blatt des Quirls, nämlich dasjenige, welches den Seitensprofs in seiner Achsel trägt, keine entsprechende Rindenabtheilung über sich hat. Es entsteht übrigens dadurch keine Lücke in der Berindung, indem die von den zwei Nachbarblättern ausgehenden Rindenabtheilungen sich an einander schliefsen. Die Reihen der Rindenzellen sind von zweierlei Art: die mittlere von je 3 Reihen, welche der Mitte eines Quirlblattes entspricht, besteht aus zweierlei Zellen, nämlich verlängerten, röhrenförmigen und, mit diesen abwechselnd, kleinen scheibenförmigen, welche bei dieser Art sich nicht oder kaum merklich über die Oberfläche der Rinde erheben, während sie bei anderen vorragende Warzen oder Stacheln bilden. Die beiden seitlichen Reihen bestehen dagegen aus unter sich gleichartigen Zellen, welche sämmtlich röhrenartig verlängert sind. Die mittleren Reihen bezeichne ich als Hauptreihen, die seitlichen als Nebenreihen, eine Hauptreihe mit den beiden angrenzenden Nebenreihen aber als ein Rindensegment oder einen Rindenlappen. Die Entwickelungsgeschichte zeigt, dafs ein solches Rindensegment in der That ein natürliches Ganze ist, das von einer einzigen Urmutterzelle abstammt. Es entspringen solcher Rindensegmente oder Lappen je zwei aus der Basis jedes Blattes [1], eines nach unten, das andere nach oben, und die Anfänge derselben reichen in die früheste Bildungszeit der Blätter selbst zurück. Schon ehe das Blatt seine Gliederung er-

---

[1] Mit Ausnahme des sprofstragenden Blattes, dem der obere Rindenlappen fehlt.





halten, wenn es als abgerundete einzellige Vorragung die Höhe der Endkuppel noch nicht erreicht hat, tritt aus dem unteren, so wie oberen Rande des Basilarknotens eine halbmondförmige, dem äufserst kurzen Internodium flach angedrückte Zelle hervor, welche sich rasch zu einem an der Spitze gerundeten Lappen verlängert. An der Basis dieses Lappens scheiden sich, während in den Blättern die primären Gliederzellen gebildet werden, zwei nebeneinanderliegende Zellen ab, aus welchen sich in der Folge die Nebenblätter entwickeln. Schon in dieser frühesten Ausbildungszeit schliefsen sich die aufsteigenden Rindenlappen eines unteren und die absteigenden eines oberen Quirles in der Mitte des Internodiums zusammen und verlängern sich im Laufe der weiteren Entwicklung stets gleichen Schrittes mit dem Internodium selbst. Der Zellbildungsgang, durch welchen aus der lappenförmigen Urzelle die späteren Zellen des Rindensegments hervorgehen, zeigt bis auf einen gewissen Grad eine auffallende Übereinstimmung mit dem Zellbildungsgang im Stengel und in den Blättern. Es bildet sich nämlich zuerst und zwar (im Verhältnifs zur Spitze des Lappens) in aufsteigender Succession durch wiederholte horizontale Theilung der Scheitelzelle eine Reihe primärer Gliederzellen, welche mit einer bestimmten Zahl (bei *Ch. fragilis* 7 bis 8) abschliefst. Hierauf theilt sich jede primäre Gliederzelle (die Scheitelzelle bleibt ausgenommen) abermals durch eine horizontale Wand in 2 ungleiche Zellen, eine untere niedrigere, sehr flach linsenförmige oder (der am Stengel angedrückten Lage wegen) vielmehr halblinsenförmige, und eine obere höhere, biconcave; die erstere ist eine sekundäre Gliederzelle oder Internodialzelle, die sich nicht weiter theilt; die letztere ist eine primäre Knotenzelle, die sich bald in senkrechter Richtung von Neuem theilt. Von nun an unterscheidet sich der Gang der Zellbildung von dem des Stengels und des Blattes ([1]), indem aus der primären Knotenzelle kein vollständiger Zellkreis hervorgeht, sondern blofs ein Halbkreis aus 3 Zellen sich bildet, nämlich aus 2 seitlichen und einer mittleren vorderen, welche die nunmehr durch Abscheidung der genannten

---

([1]) Zur Veranschaulichung des Folgenden kann f. 10 auf Tafel 7 im 2. Band von Meyen's Pflanzenphysiologie dienen. *k* Internodialzellen; *i* Stachelzellen; *e* bis *f* Lateralzellen.

3 anderen verkleinerte und bleibende (secundäre) Knotenzelle zwischen sich einschliefsen. Hiemit ist die Zellbildung in den Rindensegmenten vollendet; sie erreicht ihren Schlufs fast gleichzeitig mit der Vollendung des Rindengetäfels im Blatt. E tritt nun die Verlängerung der Zellen ein und zwar verlängern sich die Internodialzellen des Rindensegments röhrenförmig und bilden die Glieder der mittleren oder Hauptreihe; die aus der primären Knotenzelle entstandenen Seitenzellen verlängern sich gleichfalls röhrenförmig und bilden die Glieder der beiden Nebenreihen; die zwischen je zwei Seitenzellen liegenden Mittelzellen, sowie die unter diesen verborgenen Knotenzellen verlängern sich dagegen nicht, wie die übrigen, doch wachsen die ersteren oft in anderer Richtung als Papillen oder Stacheln aus der Fläche der Rinde hervor. Bei *Ch. fragilis* bilden diese kurzbleibenden Mittelzellen niemals Stacheln, sondern nur kleine niedergedrückte Wärzchen zwischen den Gliedern der Hauptreihe.

Nach dieser Bezeichnung der verschiedenartigen Zellen, welche die Berindung des Stengels bilden, läfst sich die Regel genauer angeben, welche sich, wenn auch nicht als immer, doch als häufig befolgt, herauszustellen scheint. Die in derselben Längsreihe liegenden Gliederzellen der Hauptreihe haben abwechselnd rechts- und linkswendige Ströme. Ebenso die in gleicher Höhe liegenden Gliederzellen der benachbarten Segmente. Die beiden gegenüberliegenden, durch die Stachelzelle getrennten Zellen der Nebenreihen haben gleiche Stromrichtung, abwechselnd umgekehrte dagegen die in derselben Nebenreihe aufeinanderfolgenden, so wie die benachbarten der sich berührenden Nebenreihen verschiedener Segmente. Es läfst sich keine Einrichtung denken, welche eine gröfsere Abwechselung in der Vertheilung rechts- und linkswendiger Ströme böte; doch bedarf es zahlreicherer Aufnahmen, um zu entscheiden, ob ihr wirklich eine gewisse Geltung zukommt, oder ob es blos Zufall ist, dafs sie mir öfters in dieser Weise vorgekommen. Auch in Beziehung auf die Fälle einfacherer Berindung, deren ich noch Erwähnung thun will, fehlt es an genauen Aufnahmen der Richtungsverhältnisse der Strömung.

Die beschriebene Berindungsweise des Stengels von *Ch. fragilis* ist, abgesehen von der mangelhaften Stachelbildung, die vollkommenste, welche in der Familie auftritt; sie bietet, wenn man





ihre Entwickelungsgeschichte kennt, den Schlüssel zu allen bei anderen Arten der Familie vorkommenden Modificationen. Von solchen nenne ich zuerst die Verbindung von je 2 angrenzenden Nebenreihen zu einer (zweien Segmenten gemeinschaftlichen) Zwischenreihe, wie sie sich bei *Ch. foetida*, *contraria*, *hispida* und minder regelmäfsig bei *Ch. ceratophylla* findet. Die Zahl der Reihen ist in diesem Falle dem Anscheine nach nicht die dreifache, sondern nur die doppelte der Blätter des Quirls, ein Unterschied, der, so auffallend und unerklärlich er an der ausgebildeten Pflanze erscheint, sich bei Verfolgung seiner Entstehung sehr einfach erklärt und als unwesentlich in Beziehung auf die eigentliche Construction der Rinde herausstellt, indem er nur dadurch entsteht, dafs die Lateralzellen der angrenzenden Rindenlappen, anstatt sich in gerader Linie aneinander zu legen, wie die Zähne zweier Kammräder ineinandergreifen und sich dadurch bei der späteren Längsdehnung völlig in eine Reihe zusammenschieben. Bei *Ch. crinita* ist die Zahl der Reihen der der Blätter des Quirls gleich; nichts desto weniger sind alle Zellen vorhanden, welche die dreifachreihige Rinde der *Ch. fragilis* bilden, allein die Lateralzellen sind nicht röhrenförmig verlängert, sondern zu Stacheln ausgebildet. *Ch. crinita* hat daher blos die Hauptreihen und je 3 Stacheln an den Knoten, welche die Glieder derselben scheiden. Wesentlicher unterscheidet sich die bei *Ch. barbata* zuweilen auftretende Berindung. Sie zeigt gleichfalls nur die Hauptreihen, aber zwischen je 2 Gliedern derselben nur einen einfachen Stachel. Hier haben sich somit gar keine Seitenzellen gebildet, die primäre Knotenzelle hat sich zum Stachel verlängert. Die einfachste, der niedersten Entwicklungsstufe entsprechende Berindung zeigt *Ch. imperfecta* aus Algerien [1]. Auch sie hat blos die Hauptreihen und zwar, wie bei *Ch. barbata*, nicht aneinanderschliefsend, sondern durch freie Zwischenstreifen getrennt, allein es fehlen die Knoten zwischen den Gliedern. Die Reihen sind somit hier durch die nicht weiter sich theilenden primären Gliederzellen gebildet.

10. In den aus der Rinde des Stengels entspringenden Stacheln ist die Strömungsebene parallel der Ebene des Knotens, an welchem der Stachel sitzt, d.i.

---

[1] Exploration scient. de l'Algérie t. 39. f. 1.

transversal im Verhältnifs zu den Rindensegmenten und zum Stengel.

Unter der vorigen Nummer wurden nicht alle Zellen der Rinde in Beziehung auf Strömung betrachtet, sondern nur die in der Richtung des Stengels röhrenartig verlängerten. Es sollten nun zunächst die rundlichen oder scheibenartig niedergedrückten Zellen, welche die Knoten in den Hauptreihen der Rindenzellen bilden, betrachtet werden, allein es ist mir bis jetzt nicht gelungen, eine Saftbewegung in diesen Zellen zu erkennen, ich zweifle jedoch nicht, dafs die Strömung, wenn sie anders eintritt, eine horizontale ist. Dies vorausgesetzt erscheint das Verhältnifs zwischen Stachel und Rindenknoten als eine Wiederholung dessen zwischen den Nebenblättern und den Basilarknoten des Blattes.

Die Stacheln am Stengel der Characeen sind stets einzellig; sie finden sich, wie schon bei der Entwickelungsgeschichte der Rinde angeführt wurde, blos auf den Hauptreihen der Rindenzellen, nie auf den Neben- oder Zwischenreihen. In manchen Fällen scheint der Stachel eine blofse Verlängerung der Knotenzelle selbst zu sein, was jedoch noch einer genaueren Prüfung bedarf; meistens wird er von einer peripherischen, von der tieferliegenden Zelle des Knotens gesonderten Zelle gebildet. Davon kann man sich namentlich leicht bei *Ch. hispida* durch Betrachtung der Rinde von der Innenseite überzeugen. Die meisten berindeten Arten sind mit Stacheln versehen. Bei *Ch. fragilis* treten die Stachelzellen nicht bemerkbar über die Fläche des Stengels hervor; bei *Ch. foetida*, *contraria* u. anderen erscheinen sie bald sehr kurz und unmerklich, bald verlängert und deutlich hervortretend; sie sind dick und aufgeblasen bei *Ch. ceratophylla*, dünn und schlank bei *Ch. aspera*, *tenuispina*, *strigosa* u. s. w. Sie stehen entweder einzeln (*Ch. foetida*), oder es bilden 2 bis 3 einen Büschel, der auf verschiedene Art entstehen kann, nämlich entweder durch Theilung der zum Stachel bestimmten Zelle selbst (*Ch. ceratophylla*, *hispida*), oder dadurch, dafs die Seitenzellen des Knotens sich, statt zu röhrenförmigen Rindengliedern, zu Stacheln ausbilden (*Ch. crinita*). In der unteren Hälfte des Internodiums sind die Stacheln mehr oder weniger nach oben, in der oberen Hälfte nach unten gerichtet, entsprechend ihrem Ursprung aus den aufsteigenden und absteigenden Rindensegmenten.





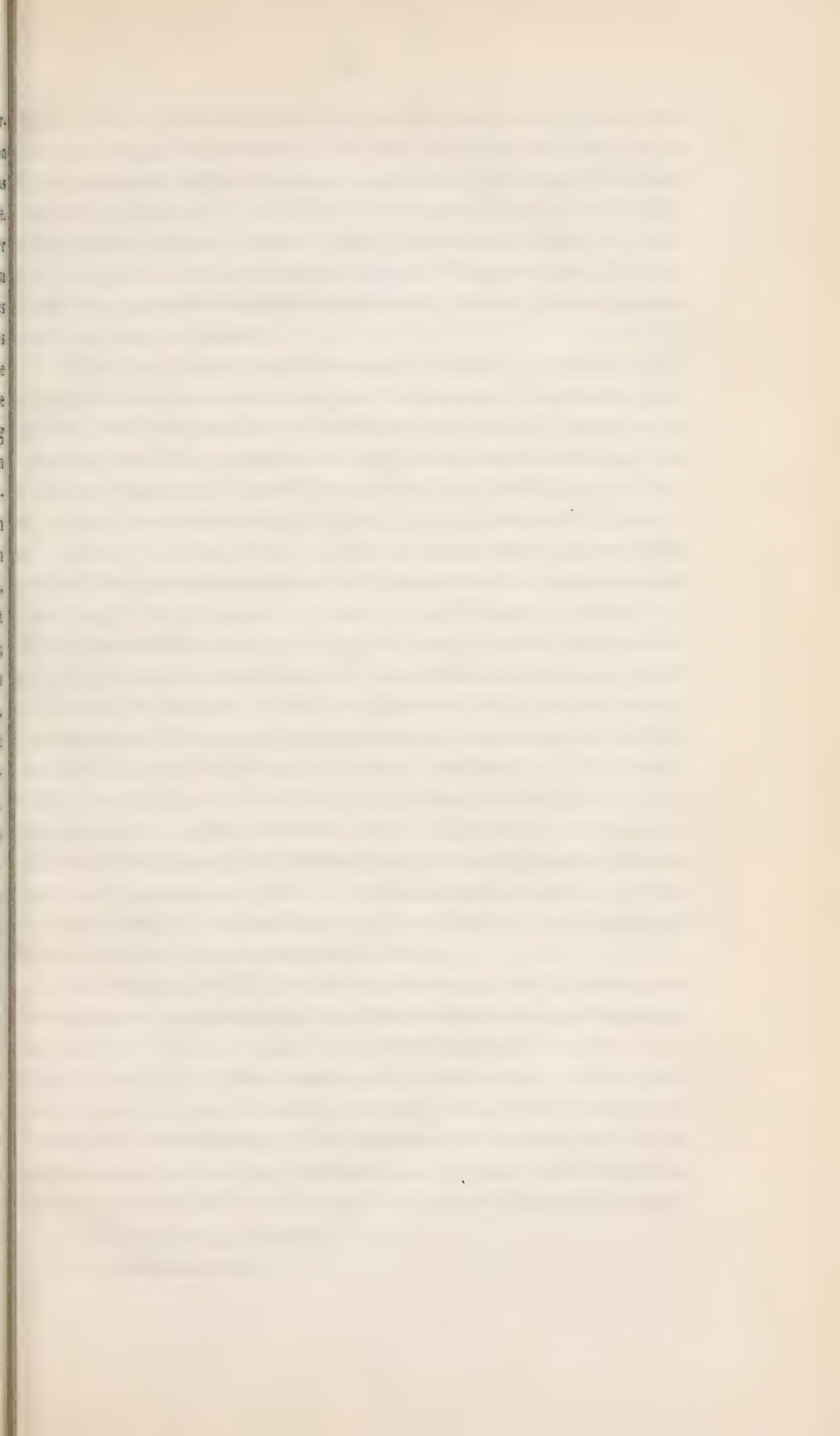
Die Rotation ist in den Stacheln schwierig zu erkennen; ich habe sie blos bei einer Art, nämlich *Ch. hispida*, aber bei dieser sehr deutlich beobachtet. Alle in dieser Beziehung geprüften Stacheln, sowohl solche der oberen, als der unteren Hälfte des Internodiums, hatten den aufsteigenden Strom auf der rechten, den absteigenden auf der linken Seite. Ob diese Übereinstimmung (bei 10 Fällen) nur zufällig war, oder hierin ein constantes Verhältnifs herrscht, bleibt künftiger Ausmittelung vorbehalten.

11. In den Rindenzellen der Blätter ist die Strömungsebene senkrecht in Beziehung zum Blatt und parallel der Peripherie desselben, horizontal in Beziehung auf die Blättchen, von deren Basis die Berindung ausgeht. Je 4 zusammengehörige, unter der Ursprungsstelle eines Blättchens zusammenstofsende Rindenzellen zeigen unter sich ein symmetrisches Strömungsverhältnifs, indem je 2 benachbarte gegenläufig sind, und zwar so, dafs der Strom der (vom Beschauer aus) rechten oberen Zelle linkswendig, der linken oberen rechtswendig, der linken unteren linkswendig, der rechten unteren rechtswendig ist, woraus folgt, dafs in dem Berührungskreuz der 4 Rindenzellen die 4 Ströme in senkrechter Richtung gegen den Mittelpunkt einlaufen, in wagerechter vom Mittelpunkt nach der Peripherie auslaufen.

In den Rindenzellen der Blätter, so wie in denen des Stengels, ist die Strömung des Saftes schwierig wahrzunehmen, doch gelang es mir bei *Ch. hispida* ihre Richtungsverhältnisse vollständig auszumitteln. Das Strömungsgesetz für die Rindenzellen der Blätter stimmt im Allgemeinen mit dem in der Stengelberindung herrschenden überein, nur dafs hier ein weit constanteres Verhältnifs symmetrischer Vertheilung der Strömungsrichtungen eintritt. Die hierüber gegebene Regel bezieht sich übrigens nur auf den (allerdings häufigsten) Fall, dafs die Rinde aus vierzelligen Abtheilungen besteht; für die Berindungsfälle von einfacherer oder complicirterer Construction fehlt es noch an Beobachtungen.

Wenn man die Berindung blofs am ausgewachsenen Blatte betrachtet, würde man ebensowenig, als beim Stengel, auf den Gedanken kommen, dafs sie ursprünglich in keinem Zusammenhang

mit den langen Internodialzellen des Blattes steht, welche sie überzieht. Und doch ist es so. Wie die Rinde des Stengels aus den Basilarknoten der Blätter, so entspringt die Rinde der Blätter aus den Basilarknoten der Blättchen, nur in viel einfacherer Weise. Wir haben vorhin (6) die Art und Weise betrachtet, in welcher der Grund zu den Quirlen der Seitenstrahlen oder Blättchen am Hauptstrahl des Blattes gelegt wird, die Bildung eines Zellkreises um eine centrale Knotenzelle. Die weitere Entwickelung des Blättchens und seiner die Blattberindung bildenden Basilartheile aus der einzelnen Zelle dieses Zellkreises geht in folgender Weise vor sich. Die einfache Urzelle theilt sich durch eine in Beziehung auf die radiale Entwickelungslinie des Blättchens horizontale (in Beziehung auf das ganze Blatt senkrechte und der Oberfläche desselben parallele) Wand in 2 sehr ungleiche Tochterzellen, von denen die obere kleinere in Form einer sehr flachen, nach oben etwas gewölbten, kreisförmigen Scheibe auf der unteren gröſseren, im Umriſs viereckigen Zelle aufsitzt. Die obere theilt sich nicht weiter, sondern wächst zu dem früher betrachteten Blättchen aus; die untere theilt sich von Neuem parallel der ersten Theilung in eine untere, tiefer liegende und versteckte Zelle, und in eine obere, in der Peripherie der Blattoberfläche liegende. Die erstere theilt sich nicht weiter und läſst sich als Verbindungszelle des Basilarknotens des Blättchens mit dem Knoten des Blattes bezeichnen. Die letztere ist die primäre Knotenzelle des Basilarknotens des Blättchens, durch deren weitere Theilung entweder bloſs ein mehrzelliger Basilarknoten des Blättchens, ohne Ausbreitung über die angrenzenden Internodien des Blattes, gebildet wird (nacktblättrige Chara-Arten) oder eine sich über die angrenzenden Internodialzellen ausbreitende Rindentafel, welche in ihrer Mitte das Blättchen trägt. Bei den meisten Chara-Arten mit berindeten Blättern (z. B. *Ch. foetida*, *hispida*, *ceratophylla*) theilt sich die bezeichnete Primärzelle des Basilarknotens des Blättchens durch senkrechte, excentrische Theilung in einen Zellkreis aus 4 Zellen und eine kleine von diesen umschlossene Centralzelle. Die Theilung geschieht so, daſs jedes Eck der quadratischen Oberfläche der Mutterzelle von einer der 4 neuen Zellen eingenommen wird, welche, zusammenstoſsend, eine Kreuzlinie bilden, in deren Mitte die kleine Centralzelle, versteckt unter dem Blättchen, sich be-





findet. Die so gebildeten viertheiligen Rindentafeln schliefsen sich, einander entgegenkommend, über den um diese Zeit noch kugeligen Internodialzellen zusammen und bilden auf diese Weise ein zusammenhängendes Getäfel, das dem jungen Blatt ein sehr zierliches, mosaikartiges Ansehen giebt. Durch die spätere, der Verlängerung der Internodialzellen folgende Längsdehnung der Anfangs fast quadratischen Rindenzellen wird dieses frühere Ansehen der Rinde sehr verändert.

Es ist von besonderem Interesse in Beziehung auf das Strömungsverhältnifs im Blättchen, die Succession in der Bildung des Kreises der Rindenzellen zu verfolgen, was bei *Ch. foetida* nicht schwierig ist. Die 2 oberen Zellen gehen in ihrer Entstehung den 2 unteren voraus und zwar bildet sich mit merkwürdiger und, wie es scheint, unabänderlicher Beständigkeit ([1]) zuerst die Zelle in der linken ([2]) oberen Ecke, welcher die der rechten oberen Ecke, sodann die der rechten unteren und zuletzt die der linken unteren Ecke folgt. *Ch. fragilis*, bei welcher die Bildungsgeschichte des Blattes noch leichter zu verfolgen ist, zeigt dieselbe Aufeinanderfolge, weicht aber dadurch ab, dafs die 4 Rindenzellen in der Mitte sich völlig vereinigen, so dafs die Centralzelle zu fehlen scheint. Unterhalb der Vereinigungsstelle sieht man jedoch eine kleine Zelle durchschimmern, welche nichts anderes sein kann, als die Centralzelle, welche durch Schiefheit der Theilungsrichtung von den 4 peripherischen Zellen überwölbt wird. Vergleichen wir nun mit diesem Bildungsgang die Richtung der Strömung in dem aus der Mitte der viertheiligen Tafel sich erhebenden Blättchen, so findet sich auch hier, wie beim Hauptstrahl des Blattes, der absteigende Strom auf der Seite der anhebenden Bildung.

Ich erwähne noch kurz die in Beziehung auf Strömungsverhältnisse noch nicht untersuchten Modificationen in der Berindung des Blattes. Bei *Ch. crinita* besteht jede Rindentafel nur aus 2 peripherischen Zellen, einer oberen und einer unteren, welche zwischen sich eine das Blättchen tragende, sich nicht verlängernde Centralzelle einschliefsen. Ein ähnlicher Fall kommt bei *Ch. imperfecta* vor, bei welcher gleichfalls von der Basis jedes Blättchens nur eine aufsteigende und eine absteigende Rindenzelle ausgeht,

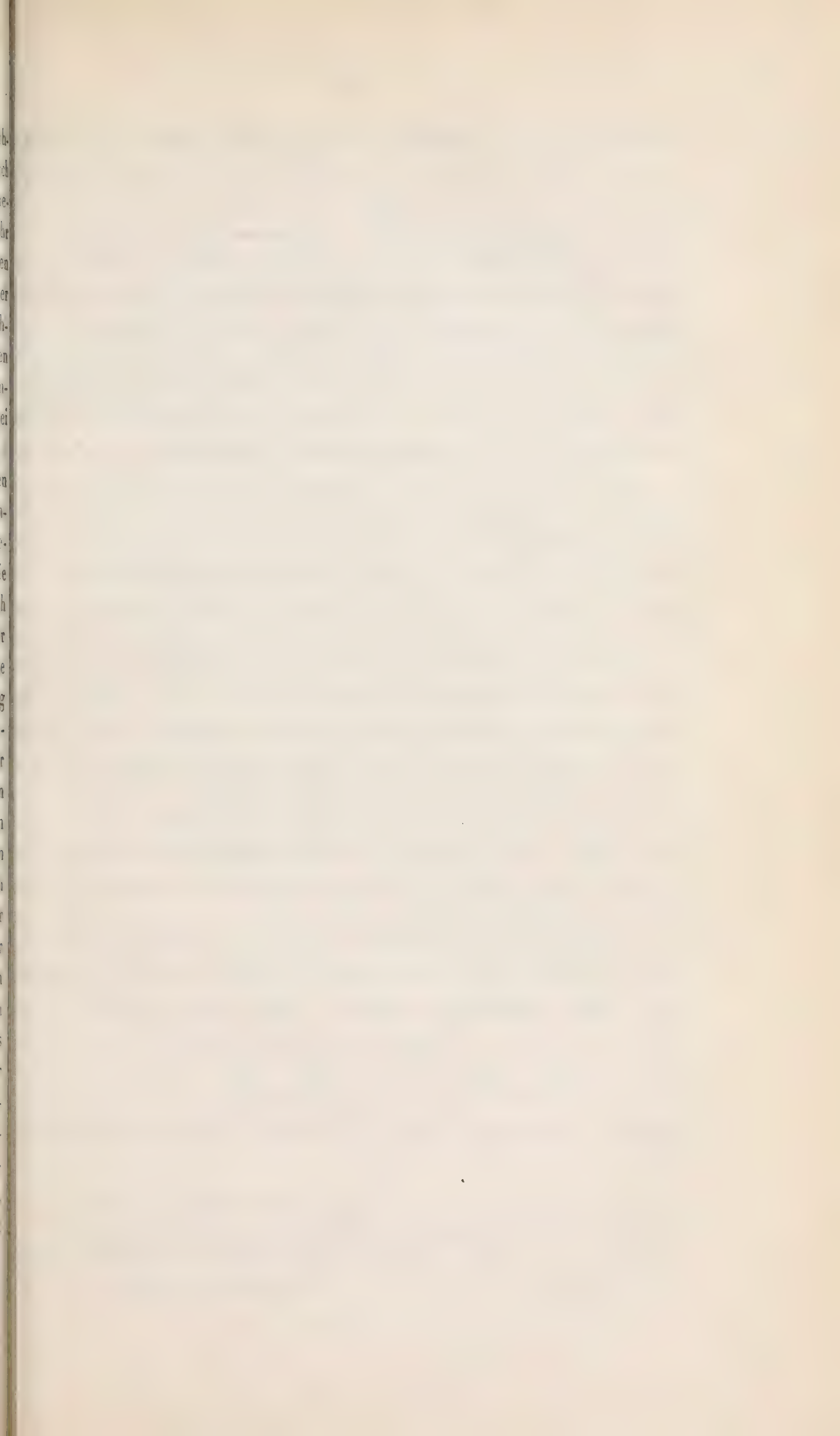
---

([1]) Ich fand nie eine Ausnahme.

([2]) Vom Beschauer aus.

jedoch mit der Eigenthümlichkeit, dafs sich diese an die der benachbarten Blättchen nicht anschliefsen, weshalb die Berindung durch Längslücken unterbrochen ist. Im Gegensatz zu diesen einfacheren Fällen stehen diejenigen, bei welchen die Rindentafel aus mehr als 4 peripherischen Zellen gebildet ist. Als Ausnahmen kommen solche Fälle zuweilen bei *Ch. foetida* und *hispida*, besonders aber bei *Ch. ceratophylla* vor, als Normalbildung treten sie nur bei mehreren exotischen Arten auf, namentlich bei *Ch. polyphylla*, deren Rindentafeln aus 8 peripherischen und einer centralen Zelle, nämlich aus 3 oberen und 3 unteren sich verlängernden Zellen und drei kurzen in der Querlinie des Gelenks liegenden Zellen besteht.

Ich habe schon früher erwähnt, dafs auch der Basilarknoten des Blattes zur Berindung des Blattes beitragen kann. Dieser sonderbare Fall findet sich bei *Ch. ceratophylla.* Es ist eine alte Beobachtung, dafs bei den gewöhnlichen berindeten Chara-Arten die Berindung des untersten Blattgliedes von der aller folgenden durch den Mangel eines eigenthümlichen Absatzes oder einer Naht in der Mitte des Gliedes sich unterscheidet. Die Entwickelungsgeschichte giebt dazu die Erklärung. Jene Naht ist die Stelle der Vereinigung der von den zwei das Internodium begrenzenden Knoten ausgehenden, sich von oben und unten entgegenkommenden und in der Mitte des Internodiums sich vereinigenden Rindentafeln; da nun das unterste Glied blofs über, nicht aber unter sich einen Knoten mit einem Quirl von Blättchen und entsprechenden Rindentafeln besitzt, so erhält das unterste Glied nur von einer Seite, nämlich von der oberen, seine Berindung, und der absteigende Theil der Rindentafeln des ersten Knotens verlängert sich so stark, dafs er nicht blofs die Hälfte, sondern das ganze unterste Internodium überzieht. Hierin unterscheidet sich nun *Ch. ceratophylla* von den anderen Arten, indem bei ihr auch aus dem Basilarknoten des Blattes, oder vielleicht richtiger aus besonderen Basilarknoten der Nebenblätter, Zellen sich erheben, welche, mit den von oben kommenden sich verbindend, an der Berindung des untersten Blattgliedes Theil nehmen. Es sind diese ungewöhnlichen Berindungszellen jedoch in Beziehung auf Zahl und Länge weniger regelmäfsig, als die gewöhnlichen, wefshalb auch der durch ihre Anwesenheit bedingte, sonst gewöhnlich fehlende Absatz in der Berindung des untersten Stengelgliedes weniger regelmäfsig ist. Die Strömung





habe ich in diesen Zellen, so wie überhaupt in den Blattberindungszellen von *Ch. ceratophylla*, noch nicht beobachtet.

C. In der Wurzel.

Ältere Autoren verwechseln hier, wie anderwärts, unterirdische Theile des Stengels mit eigentlichen Wurzeln ([1]); nur die Theile, welche man Fibrillen nannte, sind die wirklichen Wurzeln der Characeen; Agardh verglich sie unpassend mit abgelösten Rindenzellen des Stengels. Kaulfufs ([2]) schreibt den Charen aufserdem noch eine Hauptwurzel zu, während Schleiden ([3]) ihnen alle Wurzelbildung abspricht. Eine Hauptwurzel, wenn man diesen Ausdruck für gleichbedeutend mit Mittel- oder Pfahlwurzel hält, besitzen die Characeen allerdings nicht, so wenig als die Moose und Farne, denn auch das, was Kaulfufs als Hauptwurzel bezeichnet, ist blos die stärkste unter den Seitenwurzeln des ersten Knotens der Pflanze; wie man ihnen aber alle Wurzeln absprechen kann, ist viel unbegreiflicher, als dafs man ihnen die Blätter abgesprochen hat. Die Theile, welche ich hier als Wurzeln beschreibe, zeigen wirklich, obwohl sie von höchst einfachem Baue sind, alle wesentlichen Charaktere der Wurzelbildung. Sie wachsen, wie dies bei Seitenwurzeln (Wurzelzweigen und Adventivwurzeln) überhaupt der Fall ist, nicht senkrecht, sondern mehr oder weniger schief nach unten, selbst wenn sie horizontal oder aufsteigend aus dem Knoten entspringen, biegen sie sich im weiteren Wachsthum bald nach unten zurück. Dabei findet ihr Wachsthum immer nur zunächst der Spitze statt, eine spätere Dehnung, wie sie den Stengel- und Blattgliedern zukommt, tritt nicht ein, weshalb man das noch im Wachsthum begriffene untere Ende der untersten Zelle der Wurzel häufig mit noch bewegungslosem Plasma erfüllt findet, während in derselben Zelle weiter rückwärts die Rotation bereits im Gange ist. Die Wurzeln der Characeen haben nie eine Spur von Blattquirlen, daher auch keine Knoten, denn die nachher zu beschreibenden Gelenke verdienen diesen Namen nicht. Nie habe ich einen Übergang der Wurzel-

---

([1]) Vergl. Wallroth Ann. bot. p. 160.

([2]) Keimen der Charen p. 48. Die dort gegebene Figur 28 bietet ein richtiges Bild dieser sogenannten Hauptwurzel.

([3]) Grundzüge 3. Aufl. II. p. 50.

bildung in Sprofsbildung bemerkt, auch nie eine Wurzel an der Spitze sich wieder erheben und grün werden sehen ([1]), vielmehr fand ich dieselben immer völlig farblos und ohne oder nur mit kaum bemerkbaren Spuren gereihter, aber niemals grüner Körnchen an der inneren Wand. Junge Wurzeln sind mit einem reichlichen dickflüssigen Plasma erfüllt; die später eintretende Strömung ist von einer Lebhaftigkeit, wie wahrscheinlich in keinem anderen Theile der Pflanze; die Zellmembran ist äufserst zart und verdickt sich auch im Alter nur wenig: sämmtlich Eigenschaften, welche anzudeuten scheinen, dafs auch die normale physiologische Bestimmung den Wurzeln der Characeen nicht fehlt.

12. Die Strömungsebene in den äufserst langgedehnten Gliedern der Wurzel ist senkrecht zur Basis und radial in Beziehung zum Knoten, aus welchem die Wurzel entspringt und zwar so, dafs der Strom auf der Innenseite nach der Spitze der Wurzel absteigt, auf der Aufsenseite zum Stengel zurückführt. In den aufeinanderfolgenden Gliedern schliefsen sich die Ströme in gleicher Richtung aneinander, wobei die sich verbindenden Enden fufsförmig angeschwollen und die Gelenkflächen in der Weise geneigt sind, dafs der Strom von der Ferse nach der Spitze des Fufses längs der Sohle, von der Spitze nach der Wurzel längs des Fufsrückens sich bewegt. Die sekundären Wurzeln (Wurzelzweige) verhalten sich zu den primären, wie diese zum Stengel.

Zur Erläuterung füge ich noch Einiges über den Ursprung und Bau der Wurzeln bei. Die Wurzelbildung tritt sogleich beim Keimen ein. Der erste Knoten, welcher sich gerade an der Mündung des Nüfschens befindet, aus welchem die keimende Pflanze, ohne es mit ihrer Basis zu verlassen, hervorwächst, bringt blofs Wurzeln hervor, unter welchen sich die zuerst entwickelte durch besondere Stärke auszeichnet; diese ist es, welche Kaulfufs als Hauptwurzel bezeichnet hat. Der zweite, durch ein längeres

---

([1]) Die an der Spitze in grüne, kurzgliedrige Anschwellungen übergehenden Wurzeln, welche C. Müller l. c. t. III. f. 10. abbildet, sind mir ganz unerklärlich.

Internodium vom Nüſschen getrennte Knoten ist gleichfalls noch blattlos oder trägt wenigstens keine zu kenntlicher Gestalt gelangenden Blätter, sendet dagegen reichlich Wurzeln von verschiedener Stärke nach allen Seiten aus. Dieser zweite Knoten zeichnet sich auſserdem durch eine groſse Menge von Sprossen aus, welche er nach oben sendet (vergl. 3), während der erste nur zuweilen, und dann nur einen einzigen Sproſs erzeugt. Der dritte Knoten trägt den ersten kenntlichen Quirl und treibt, wenigstens in der ersten Zeit, keine Wurzeln. Die Wurzelbildung ist in der Jugend sehr mächtig, so daſs die Wurzeln den aufsteigenden Trieb der Pflanze oft übertreffen und in kurzer Zeit eine Länge von einigen Zollen erreichen. Später bleibt die Wurzelbildung im Verhältniſs zum Wachsthum nach oben sehr zurück, wiewohl bei ausdauernden Arten auch in späterer Zeit aus den alten sich entblätternden Knoten neue Wurzelkreise hervorbrechen, wie z. B. bei *Ch. ceratophylla* und *hispida* [1].

Die Wurzeln bilden sich durch Auswachsen plattgedrückter Zellen im Umfange des Knotens, sitzen deshalb gleichsam mit breiten Füſsen am Knoten an. Die Wurzelfüſse der stärkeren Wurzeln theilen sich aber selbst noch weiter, indem sie besonders am oberen Rande kleineren platten Zellen den Ursprung geben, aus welchen sich dünnere Wurzeln entwickeln. Auf der Seite des absteigenden Stroms im Internodium des Stengels oberhalb des Knotens ist die Wurzelbildung begünstigt, was sich besonders am ersten Knoten zeigt, an welchem die sogenannte Hauptwurzel stets auf der Seite des absteigenden Stromes sich befindet.

Den Bau der Wurzeln fand ich bei allen untersuchten Arten, sowohl der Gattung *Chara*, als *Nitella*, völlig übereinstimmend. Sie bestehen aus wenigen, sehr verlängerten Zellen, die sich ohne Zwischenzellen (also ohne Knotenbildung) aneinander reihen. Bei einer Dicke von $\frac{1}{40}$ bis höchstens $\frac{1}{10}$ Millim. erreichen diese Zellen die Länge mehrerer Linien bis zur Länge eines Zolls. Sehr eigenthümlich ist die Gestaltung der Berührungsstellen zweier Zellen oder der Gelenke; man kann sie der Vereinigung zweier vorgestreckter, in entgegengesetzter Richtung mit den Sohlen aneinanderstoſsender menschlicher Füſse vergleichen. Schultz ist der

[1] Vergl. Bischoff crypt. Gewächse t. 1. f. 17.

einzige, der diese fufsförmigen Gelenke und das in ihnen stattfindende Strömungsverhältnifs beschrieben und richtig dargestellt hat ([1]). Die Wurzelzweige entspringen in ganz eigenthümlicher Weise an diesen Gelenken, stets nur aus dem oberen der beiden zusammenstofsenden Zellenden und zwar aus dem Rücken des Fufses, zunächst der Spitze desselben hervortretend. Es bildet sich hier, gleichsam durch einen oberflächlichen Ausschnitt, eine flach gewölbte Zelle, welche durch weitere Theilung eine unbestimmte Zahl von Zellen erzeugt; diese sind es, welche zu Wurzelzweigen auswachsen, weshalb die Wurzelzweige stets nur auf einer Seite des Gelenks sich befinden, einen einseitigen Büschel bildend.

Auf das Richtungsverhältnifs der Wurzelströme im Verhältnifs zum Stengel hat Varley ([2]) aufmerksam gemacht, indem er angiebt, dafs dasselbe mit dem der Blätter übereinstimme, wenn man von der Richtung der Wurzeln nach unten absehe. Allein die Natur der Pflanze hat hier selbst einen Gegensatz eingeführt, von dem wir nicht absehen dürfen, einen Gegensatz, der sich auch darin ausspricht, dafs die Blattbildung auf der Seite des aufsteigenden Stroms gefördert ist (vergl. Nummer 4), die Wurzelbildung auf der Seite des absteigenden Stroms des Stengels. Wir müssen daher die Stromrichtung der Wurzel entsprechend der nach unten gewendeten Wachsthumsrichtung derselben betrachten und behaupten, dafs, im Gegensatz des Verhaltens beim Blatt, bei der Wurzel der nach der Spitze derselben führende Strom sich auf der Innenseite, der zum Stengel zurückführende Strom auf der Aufsenseite befindet. So gefafst erscheint uns das Verhältnifs bedeutsam. Wie uns die Strömung in den Blättern in naher Beziehung zum aufsteigenden Strom des Stengels erschien, gleichsam als ein strahlig vervielfältigter, aus der Peripherie stets wieder zum Centrum zurückkehrender und so von einem Bildungskreis zum anderen

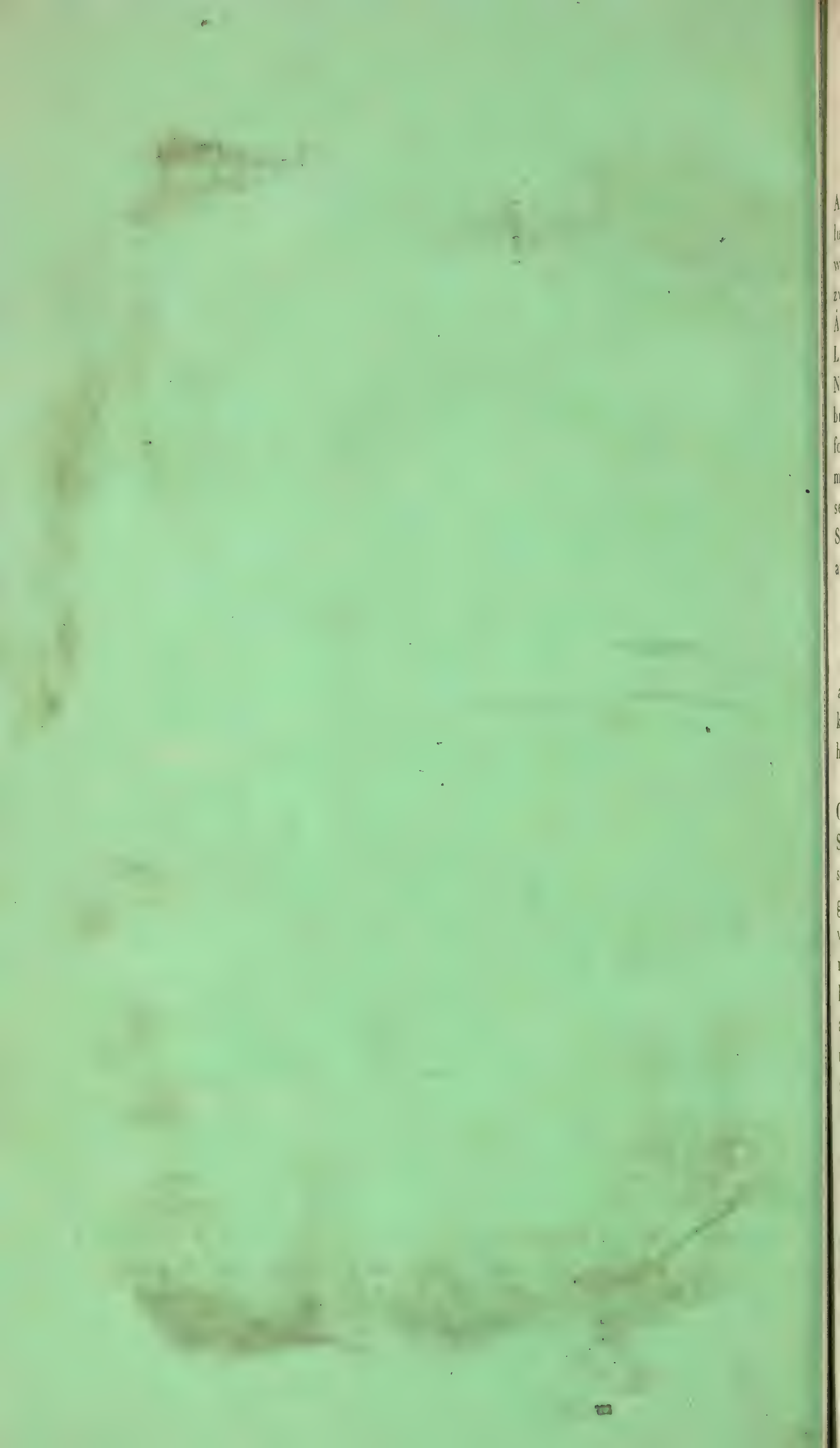
---

([1]) Die Natur der leb. Pflanze I. p. 356. t. 2. f. 2. Die dort ausgesprochene Vermuthung, dafs die Stengelknoten ebenso gebildet sein möchten, ist jedoch irrig.

([2]) Transact. of the soc. of arts etc. Vol. 49; wiedergegeben in Hassall brit. fresh water Algae p. 77.

aufsteigender Strom, so erscheint uns die Strömuug in den Wurzeln im Zusammenhang mit dem absteigenden Strom, gleichsam als eine vielfache Auslenkung desselben. Allein nach unten ist kein Entwickelungscentrum, kein zu neuen Bildungen fortschreitender Vegetationspunkt, daher biegt auch der Strom der Wurzel sich nicht nach innen herein, sondern er wendet sich vielmehr nach aufsen um, in den allgemeinen Strom der ganzen Entwickelung zurückführend. Die Wurzelzweige wiederholen dies in einer zweiten Abstufung; gerade da entspringend, wo der absteigende Strom von der Spitze des Gelenkfufses an in den aufsteigenden sich zurückbiegt, lenken sie zum zweiten Mal nach der Tiefe aus, um, aus dieser zurückkehrend, den Strom auf ihrer Aufsenseite wieder in den aufsteigenden Strom der relativen Hauptwurzel zurückzuführen.

Schliefslich darf ich übrigens nicht verschweigen, dafs, obgleich ich die Varley'sche Regel im Allgemeinen bestätigt gefunden habe, mir doch auch Ausnahmen vorgekommen sind. Ein Theil der beobachteten Abweichungen mag sich dadurch erklären, dafs die an einem und demselben Knoten entspringenden zahlreichen Wurzeln unter sich selbst wieder in einem Abhängigkeitsverhältnifs stehen, so dafs die kleineren an der Basis der gröfseren entspringenden in ihrer Stromrichtung sich vielleicht auf diese beziehen. Allein eine nicht seltene und sehr auffallende Ausnahme läfst sich auf diese Weise nicht beseitigen, nämlich die in der soganannten Hauptwurzel vorkommende Umkehrung des normalen Verhältnisses. Zwei ganz entgegengesetzte Anschliefsungsweisen des Stromes scheinen hier fast gleich häufig vorzukommen. Um diese Sonderbarkeit einigermafsen erklärlich zu machen, bemerke ich, dafs diese Hauptwurzel oft an Stärke dem Stengelglied, unter welchem sie entspringt, fast gleich kommt und sich in ihrer Richtung demselben diametral entgegensetzt, das Nüfschen zur Seite biegend. Es ensteht so der Anschein, als ob sie eine direkte Fortsetzung des Stengels nach unten sei. Da sich dieselbe auf der Seite des absteigenden Stroms des Stengels befindet, und da nach der Varley'schen Regel die Wurzel auf eben dieser Seite ihren (zum Stengel) aufsteigenden Strom hat, so tritt hier der Fall ein, dafs in zwei (freilich nur scheinbar) wie Glieder einer Achse aneinander ge-



Werden concentrirte Lösungen beider Salze in gleichen Atomgewichten kochend mit einander vermischt, so ist die Fällung zuerst weifs, wird aber bald schmutzig grau, und hat, wenn sie nicht ausgewaschen, sondern nach dem Filtriren zwischen Fliefspapier geprefst wird, die Zusammensetzung $\dot{A}g\,\dddot{B}+\dot{H}$. — Wird aber nach dem Vermischen der kochenden Lösungen das Ganze bis zum Kochen erhitzt, so wird der graue Niederschlag braun, und diese Farbe wird in eine tiefschwarzbraune verwandelt, wenn das Kochen einige Zeit hindurch fortgesetzt wird. Wird die Verbindung nach dem Filtriren mit heifsem Wasser ausgewaschen, so enthält das Waschwasser sehr viel borsaures Silberoxyd aufgelöst, und es bleibt reines Silberoxyd, das während des langen Auswaschens Kohlensäure aufgenommen hat, zurück.

Hr. *Braun* las hierauf *über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen*, als Fortsetzung und Schlufs einer in der Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse am 17. Mai v. J. gelesenen Abhandlung.

In den zunächst zur Fortpflanzung dienenden Zellen der Characeen, der Keimzelle oder Spore und den Mutterzellen der Samenfäden, findet keine Saftströmung statt; dagegen zeigt sich eine solche in verschiedenen Zellen der umhüllenden Organe, durch deren Vermittlung und unter deren Schutz die wesentlichen Fortpflanzungszellen erzeugt werden. Ich kann nicht umhin über diese bei den Characeen höchst eigenthümlich gebildeten Organe, deren Deutung auf die verschiedenartigste Weise versucht worden ist, einige allgemeine Erörterungen vorauszuschicken. Die betreffenden Organe sind von zweierlei Art. Das *eine*, die Bildungsstätte der beweglichen Samenfäden, gewöhnlich mit Umgehung jeder functionellen Andeutung schlechthin Kügelchen (*Globulus*) genannt, früher als Anthere betrachtet, ja selbst als Pollenkorn gedeutet ([1]), oder irrthümlich für eine keimfähige Knospe gehalten ([2]), wird jetzt

---

([1]) *Meyen*, Linnaea 1827, p. 63.
([2]) *Wallroth*, Ann. bot. 1815, p. 170. *Reichenbach* (Flora germ.

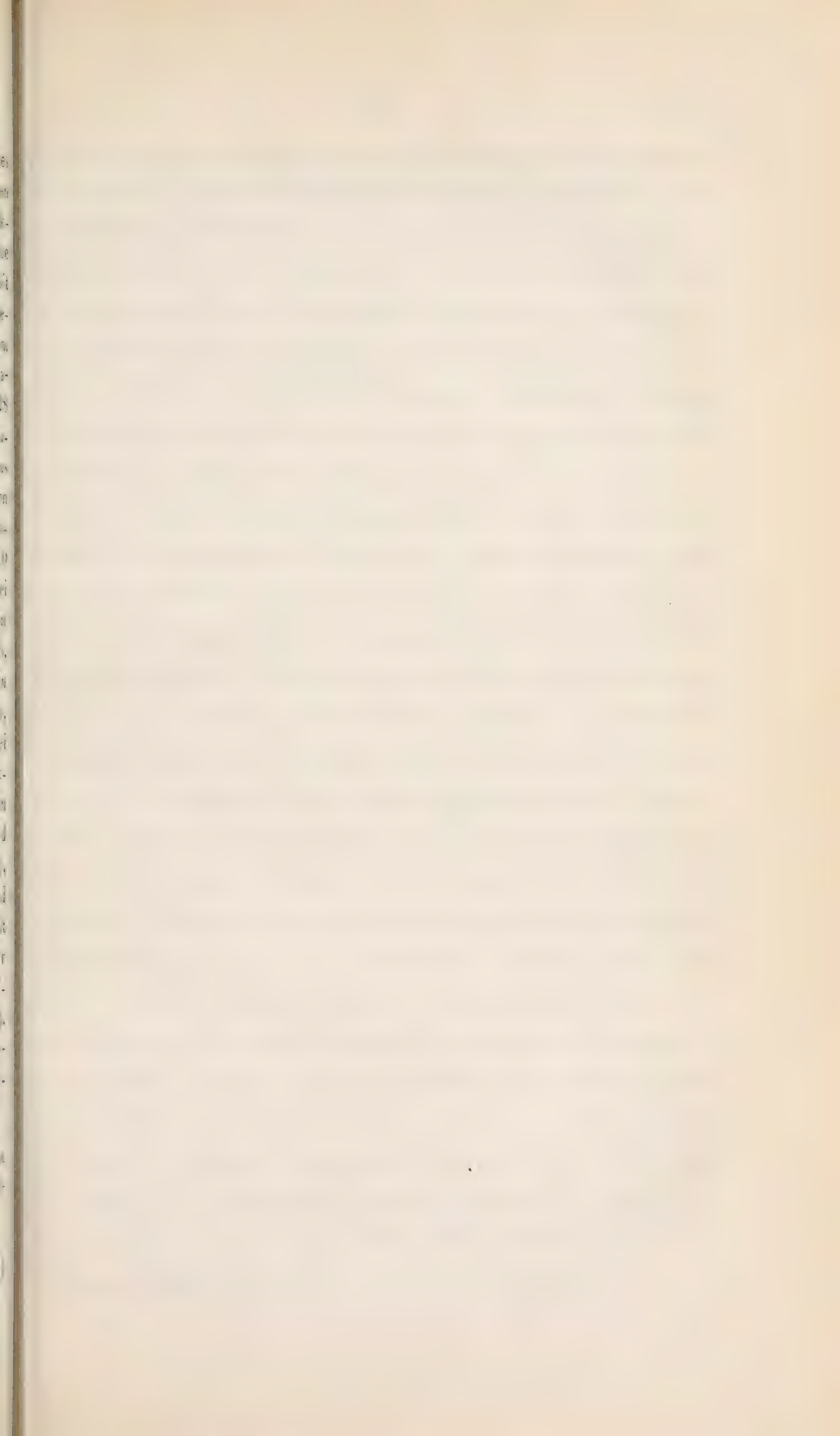
allgemein als **Antheridium** bezeichnet. So abweichend es auch in seinem Bau von allen übrigen bekannten Antheridien ist, so scheint es mir doch durch seine centripetale Entwicklung mit den Antheridien der Moose und Lebermoose eine gewisse Übereinstimmung zu besitzen, so dafs ich es nicht mit Hofmeister (Flora 1851, No. 1.) als ein Convolut vieler Antheridien oder als einen Antheridienstand bezeichnen möchte. Im Antheridium bilden sich die beweglichen Samenfäden (Spermatozoen, Antherozoidien), welche zum erstenmal im Jahr 1828 von Bischoff ([1]) gesehen wurden, der sie damals für Infusorien hielt. Varley (1834) sah zuerst ihr Hervortreten aus den Zellen der Antheridienfäden; die 2 höchst zarten Wimpern aber, durch deren Schwingung sie den schraubenartig gewundenen Körper in Bewegung setzen, wurden est im Jahr 1840 von Thuret ([2]) beschrieben. Thuret sah diese Wimpern bei *Nitella syncarpa* und *Chara fragilis;* ich selbst habe sie an den Samenfäden von *Ch. aspera* und *ceratophylla* so deutlich gesehen, dafs über ihre Anwesenheit durchaus kein Zweifel bestehen kann. Ich habe Thuret's Darstellung nur noch beizufügen, dafs ich die Windung des schraubenförmigen Körpers bei *Ch. fragilis* constant rechts gefunden habe. Das zweite Fruktificationsorgan, in welchem die Spore sich ausbildet, von den älteren Botanikern als Pistill betrachtet und im reifen Zustand bald Kapsel (Vaillant), Beere (Sprengel, Willdenow), Steinfrucht (Bertoloni) oder Nüfschen (Wallroth), bald blofs Same (Linné) genannt, wurde später gleichfalls nicht passend als Sporenbehälter, Sporocarpium (Bischoff) oder Sporangium (Cosson und Germain) bezeichnet. Hofmeister vergleicht es dem Archegonium (Pistillidium). So sehr dieser Vergleich geeignet scheint eine einheitliche Betrachtung der Fruktifikationsverhältnisse aller höheren (mit Samen-

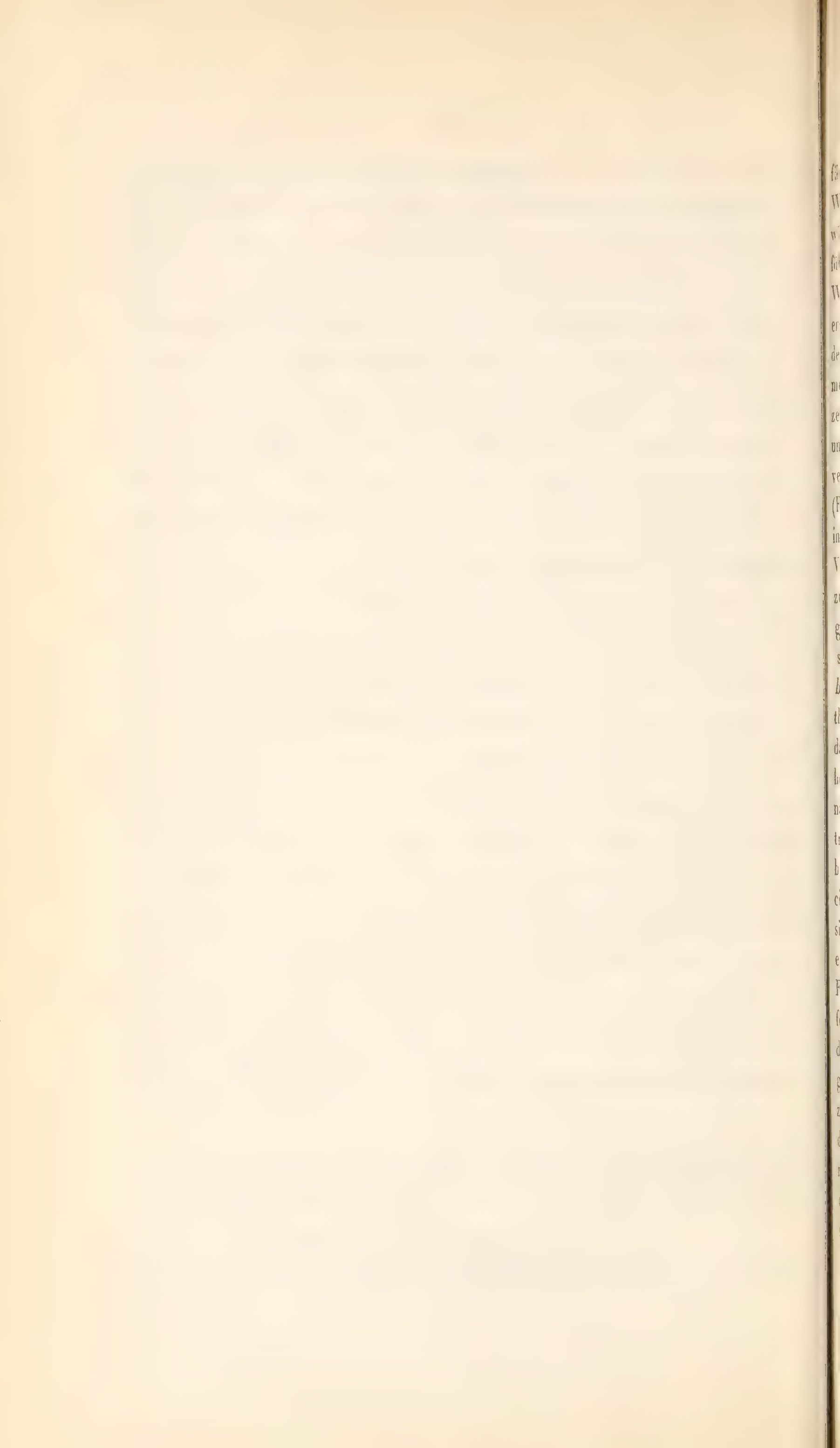
---

exc. p. 147) betrachtet umgekehrt das weibliche Organ als Knospe, den Globulus dagegen als Zwitterblüthe mit 8 Pistillen und zahlreichen Staminodien.

([1]) Crypt. Gewächse p. 13 in der Note.

([2]) Ann. des sc. nat. 2 Ser. T. 14 (1840) p. 65 und 3 Ser. T. 16 (1851) t. 9.



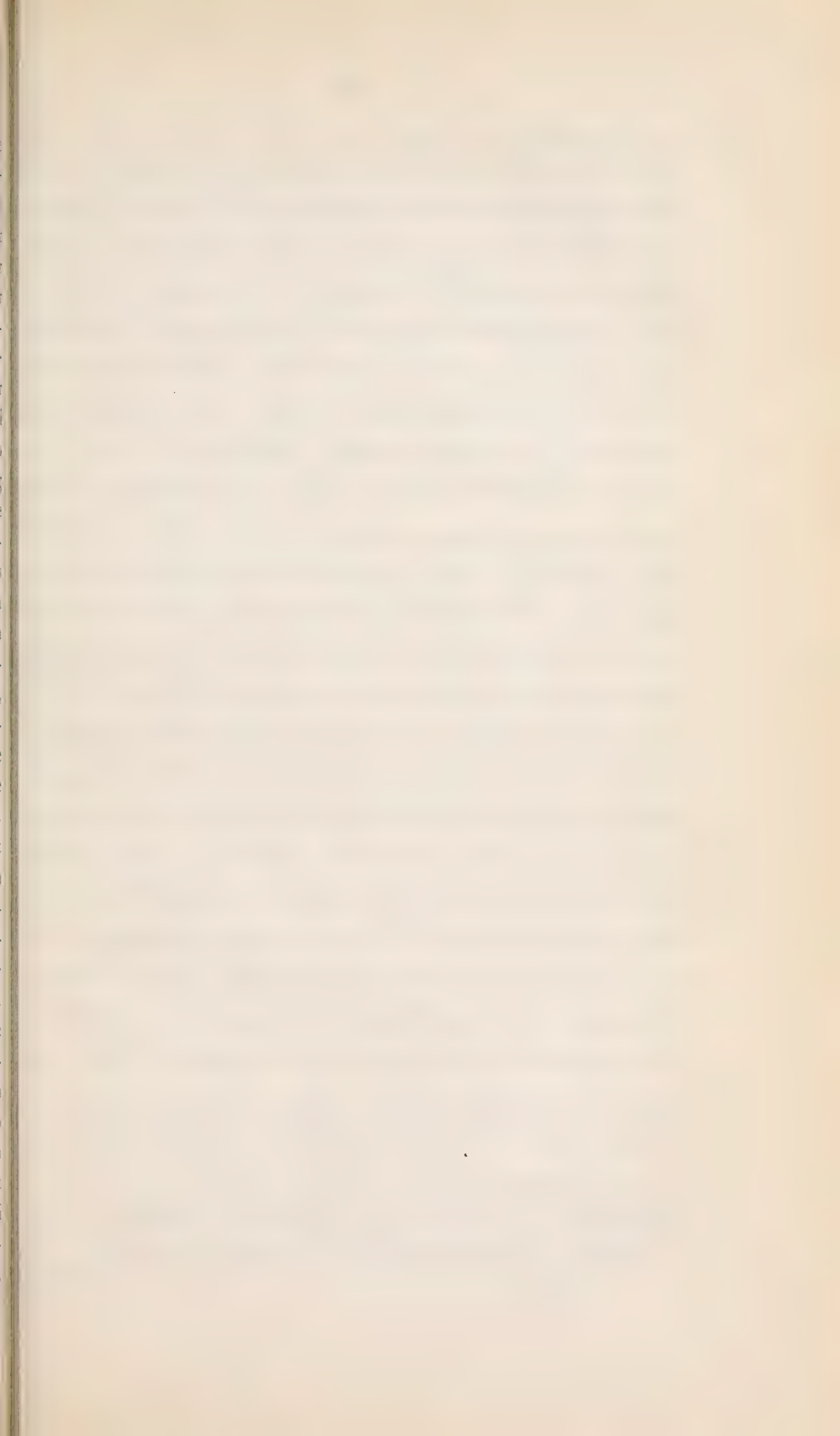


fäden versehenen) Cryptogamen herbeizuführen, indem auf diese Weise allen mit unzweifelhaften Antheridien versehenen Gewächsen auch Archegonien zukämen, so stöfst man bei der Ausführung der Parallele doch auf eigenthümliche Schwierigkeiten. Was man Archegonium genannt hat, ist nämlich ein Organ der ersten, aus der Spore erwachsenden Generation der blattbildenden Cryptogamen, in welchem nach den besonders von Hofmeister so gründlich durchgeführten Untersuchungen die Keimzelle der zweiten Generation durch freie Zellbildung erzeugt und in Folge der Befruchtung (dem Embryon der Phanerogamen vergleichbar) entwickelt wird. Bei den Gefäfscryptogamen (Farnen, Schafthalmen u. s. w.) besteht die erste Generation in einem blattlosen, thallusartigen Vorbau, dem sogenannten Vorkeim (Prothallium), während die zweite Generation sich zum blattbildenden Stock, zur vegetativen, zuletzt sporentragenden Pflanze entwickelt; bei den Moosen dagegen schreitet schon die erste Generation vom thallusartigen Vorbau zum blattbildenden Stock fort, während die zweite Generation ein eigenthümliches, blofs der Sporenbildung dienendes Fruchtgebilde darstellt, welches, indem es aus der Höhle des Archegonium hervortritt, die von letzterem gebildete Decke (Calyptra) bald nach oben durchbricht, bald unten abgelöst mit sich emporträgt. In den untersten Reihen der Lebermoose, namentlich bei den Riccien, ist dieses bei den höheren Moosen so complicirte Fruchtgebilde von höchst einfachem Bau und bleibt, ohne sich von seiner Hülle zu befreien, im Grunde des Archegonium eingeschlossen. „Von den Moosen mit einfachstem Bau der Frucht endlich", fährt Hofmeister ([1]) in seiner Darstellung fort, „ist nur noch ein Schritt zu den Characeën, bei denen die Einwirkung der Samenfäden auf die Centralzelle des Archegonium nicht zur Entstehung eines wenn auch noch so wenig zusammengesetzten Zellkörpers führt, sondern nur zur Füllung der in jener Centralzelle frei entstandenen Fortpflanzungszelle mit Amylum und Oel. Die Charen, bei denen das Prothallium die ganze in die Erscheinung tretende Pflanze ist, stellen somit das eine Ende der Reihe dar, dessen anderes die Phane-

---

([1]) Flora 1851. No. 1. p. 7.

rogamen (mit Ausschlufs der Coniferen) bilden, bei denen die ganze Pflanze ausschliefslich der zweiten, sporenbildenden Generation der Gefäfscryptogamen entspricht, bei denen kaum noch die der Befruchtung vorhergehende Zellbildung im Embryosack an die mannigfaltigen Lebenserscheinungen der Prothallien der Farne und des Eiweifskörpers der Nadelhölzer erinnert." Zur weiteren Beleuchtung des Verhältnisses, in welchem die Characeen zu den übrigen mit Antheridien und Archegonien versehenen Cryptogamen stehen, ist zunächst die Frage schärfer ins Aug zu fassen, ob dieselben wirklich gleich diesen zwei verschiedene Generationen besitzen, wenn auch mit noch so geringer Entwicklung der zweiten, zu welcher der Übergang von der ersten durch Befruchtung vermittelt wird, oder ob sie ihren ganzen Lebenscyklus in Einer Generation (von Verzweigungsgenerationen abgesehen) vollenden. Nach Hofmeisters Darstellung bildet sich in der Centralzelle des Archegonium der Characeen eine neue Zelle, deren Ausbildung zur Amylum und Öl haltenden Spore von der Befruchtung abhängt. Verhält es sich so, ist das, was in der Centralzelle gebildet wird, eine blofse Spore, so ist in der That kein Generationswechsel, sondern nur Eine Generation vorhanden, denn die Spore ist ja in diesem Falle Anfangzelle einer Generation, die derjenigen wesentlich gleich ist, von welcher sie erzeugt wurde. Vergleicht man nun die Eine Generation der Characeen mit der ersten der höheren Cryptogamen, in Sonderheit mit dem Prothallium der Gefäfscryptogamen, so erscheint die Hofmeistersche Deutung zwar von der einen Seite gerechtfertigt, inwiefern nämlich das als Archegonium bezeichnete Gebilde der Characeen ein weibliches (die Befruchtung aufnehmendes) Organ ist, das vom Prothallium getragen wird, von der andern Seite aber nicht, da in demselben keine zweite, sporentragende Generation, sondern blofs eine Spore erzeugt wird. Wollte man dennoch den Vergleich mit dem Archegonium festhalten, so müfste man ihn auch auf die Organe, durch welche bei den niederen (blattlosen) Cryptogamen die Sporenbildung vermittelt wird, ausdehnen, eine Ausdehnung, zu der sich wohl mancherlei Anhaltspunkte finden liefsen, die aber von dem engeren Begriffe des Archegonium, wie er bisher festgehalten wurde,





weit abführen würde. Die vermeintliche Geschlechtslosigkeit der niedern Cryptogamen könnte von der angedeuteten Ausdehnung des Archegonienbegriffes auf die Sporangienbildungen niederer Cryptogamen nicht abhalten, da eine Duplicität der Geschlechter auch bei niederen Cryptogamen sich in immer gröfserer Ausdehnung herausstellt (1) und auch die Bezeichnung Antheridium schon vielfach in analoger Ausdehnung (z. B. auf Organe der Fucoideen, Florideen, Flechten und Pilze) angewendet worden ist. Es fragt sich daher, ob die morphologische Übereinstimmug des weiblichen Fructificationsorgans der Characeen mit dem der Moose, Farne, Equiseten, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen von der Art ist, dafs eine gleiche Bezeichnung beider angemessen erscheint.

Es kann nicht geläugnet werden, dafs auf den ersten Anblick ein ähnlicher Bau zu bestehen scheint. Die aus 5 Zellreihen bestehende, in Form eines fünfspitzigen Krönchens endigende und zu einer gewissen Zeit nach oben offene Hülle, welche die Centralzelle des weiblichen Fructificationsorgans der Characeen umgiebt, erinnert sehr an das die Centralzelle der Archegonien überragende, mehr oder weniger verlängerte, aus einer bestimmten Zahl von Zellenreihen gebildete griffelartige Gebilde, zumal wenn, wie bei Pilularia und Equisetum (2), die obersten Zellen desselben, ähnlich dem Krönchen mancher Chara-Arten, strahlig divergiren. Geht man jedoch auf die früheren Entwicklungszustände zurück, so zeigt sich, dafs diese Ähnlichkeit eine täuschende ist. Das Archegonium ist in allen Fällen eine ursprünglich geschlossene, mehr oder weniger sich erhebende zellige Decke, unter welcher die Centralzelle von Anfang an verborgen ist. Erst später bildet sich durch Auseinanderweichen der Zellen der röhrige Kanal, der zur Centralzelle führt. Umgekehrt verhält es sich bei den Characeen; hier

(1) Man vergleiche unter Anderem Thuret, Recherches sur les Anthéridies des Cryptogames (Ann. des sc. nat. T. 16.) und Tulasne, Mémoire p. serv. à l'hist. des Lichens (Ann. du sc. nat. T. 17).

(2) Siehe Hofmeister, vergl. Untersuchungen der höheren Cryptogamen t. 21. (Pilularia); Milde in Flora 1852. No. 32. t. 7. und Hofmeister, Beiträge zur Kenntnifs der Gefäfscryptogamen t. 17. und 18. (Equisetum).

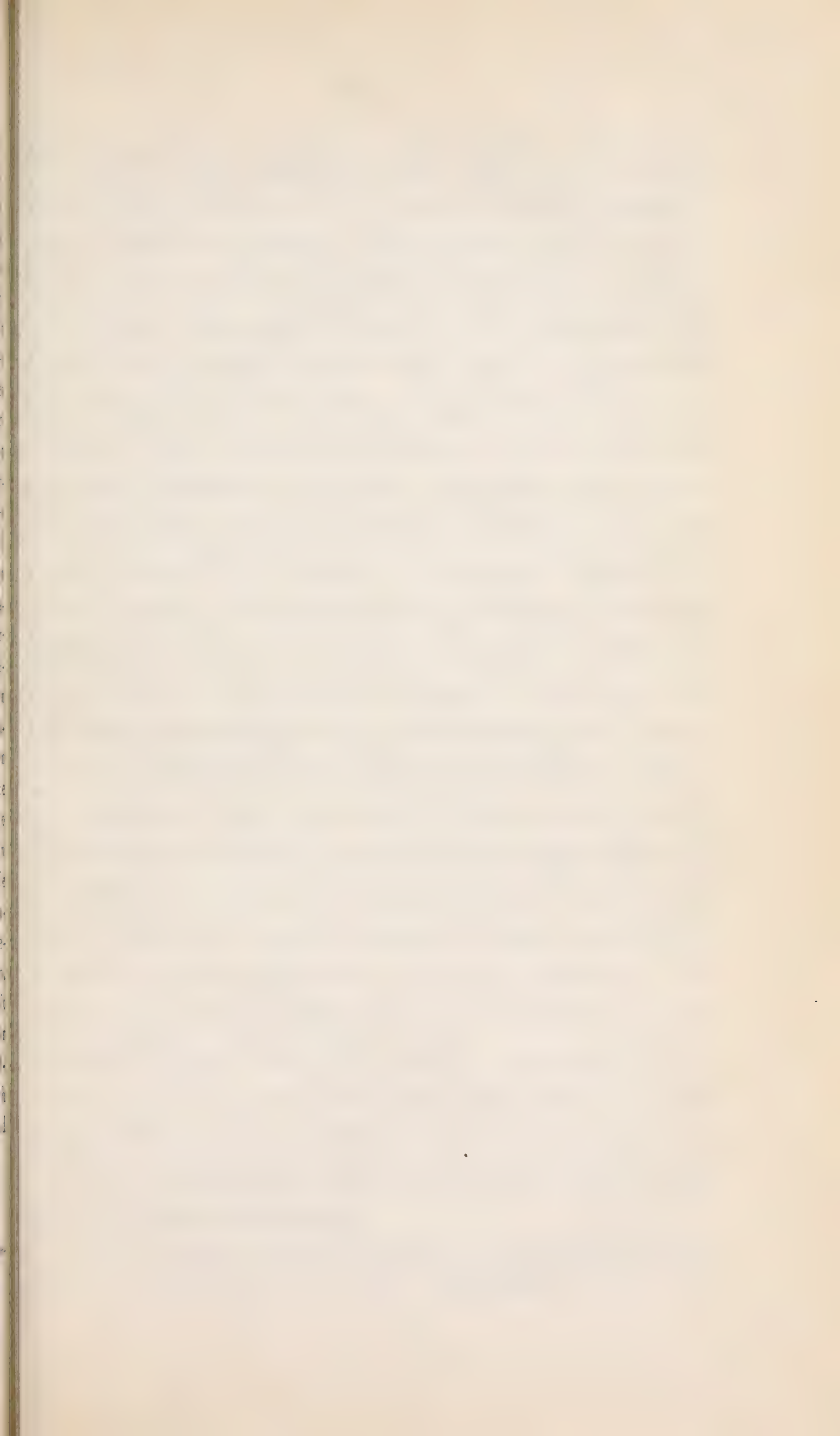
ist die Centralzelle ursprünglich unbedeckt und wird erst allmählig von den Zellen der Hülle überwachsen und eingeschlossen. Hülle und Krönchen der Characeen sind daher morphologisch völlig verschieden von der Hülle und Röhre, welche bei den wahren Archegonien die Centralzelle umgiebt, und damit fällt jeder Anhalt zur näheren Vergleichung beider weg; die entfernteren Analogien aber, die zwischen den Archegonien der höheren Cryptogamen und den Fructificationsorganen der übrigen Cryptogamen anzunehmen sein mögen, will ich hier nicht weiter verfolgen. Eine von der Hofmeister'schen verschiedene Erklärung findet sich bei Griffith ([1]) und schon früher, aber minder consequent, bei Meyen ([2]). Beide vergleichen die Charenfrucht dem Eiknöspchen (Ovulum) der Phanerogamen, die Hülle als Integument, den centralen Theil als Knospenkern (Nucleus) deutend. Da die alleinige Generation der Characeen, als sporenbildende, auch der zweiten Generation der Gefäfscryptogamen verglichen werden kann, ein Vergleich, der noch dadurch unterstützt wird, dafs die ganze Gestaltungsweise der Characeen keineswegs den unentschiedneren Formen der Thallusbildung angehört, sondern einen bestimmteren Gegensatz von Stengel und Blattbildung zeigt; da eben dieser zweiten Generation der Gefäfscryptogamen die ganze Stock- und Blüthenbildung der Phanerogamen entspricht, so kann zum Voraus nichts dagegen eingewendet werden, wenn auch nach dieser Seite hin ein Vergleich versucht wird. Die Hülle der Charenfrucht zeigt durch die allmählige Zusammenschliefsung über dem mittleren Körper allerdings ein den Integumenten des phanerogamischen Ovulums ähnliches Verhalten, und noch treffender scheint der Vergleich des mittleren Theiles mit dem Nucleus zu sein. Dieser mittlere Theil, der bisher für eine einzige Zelle gehalten wurde, ist in der That ein Zellkörper, gebildet von 4 Zellen ([3]), von denen jedoch Eine durch überwiegendes Wachsthum die übrigen frühe verdrängt und

---

([1]) Calcutta Journ. of nat. hist. Vol. V. (1844) p. 241.

([2]) Neues Syst. der Pflanzenphys. III. (1839) p. 354.

([3]) Die sonderbare Anordnung dieser 4 Zellen werde ich später beschreiben.





dem Embryonalsack verglichen werden könnte. Es möchte scheinen, als ob diesem Vergleiche nichts fehlte, als die wirkliche Bildung eines Embryons in der grofsen Zelle des Centralkörpers. Allein bei genauerer Prüfung bleibt auch von dieser Seite nur eine entfernte Ähnlichkeit übrig. Während nämlich das Integument des phanerogamischen Samens einem scheidenartig geschlossenen Blatte entspricht, ist das Integument bei Chara, wie ich nachher zeigen werde, eine von einem fünfblättrigen Quirl gebildete Hülle. Die wichtigste Differenz jedoch betrifft die Natur der grofsen Zelle des Centraltheiles, welche, sowohl mit dem Embryonalsack, als mit der Centralzelle des Archegonium verglichen, Mutterzelle einer Keimzelle sein müfste, deren Entstehung nach Hofmeisters Andeutung in der oben mitgetheilten Stelle auch wirklich durch freie Zellbildung stattfinden soll. Allein so unbedingtes Vertrauen ich in die Schärfe und Genauigkeit von Hofmeisters Beobachtungen setze und so erwünscht mir selbst die Bestätigung seiner Angabe sein würde, so ist es mir doch bis jetzt nicht gelungen mich von der Richtigkeit derselben zu überzeugen; ich habe wohl einen Zellkern und in späteren Stadien eine Vacuole in jener Zelle gesehen, aber die Bildung einer wirklichen Tochterzelle in derselben konnte ich nie wahrnehmen; vielmehr schien mir jederzeit die ganze grofse Zelle zur Spore sich auszubilden. Wenn es sich aber so verhält, so ist dies die gewichtigste Einwendung gegen die nähere Vergleichung mit dem Eiknöspchen der Phanerogamen sowohl, als mit dem Archegonium der Cryptogamen, indem eine solche Sporenbildung vielmehr zur Vergleichung der niederen Reihen der Cryptogamen zurückweist, bei welchen allein Sporenbildung durch blofse Ablösung von Zellen, oder sogenannte Abschnürung vorkommt. Um daher jede auf allzuferne liegenden Analogien beruhende Benenuung zu vermeiden, werde ich das weibliche Fructificationsorgan mit seinen accessorischen Theilen im Ganzen, aus nachher zu erläuternden Gründen, als Sporenknöspchen (Sporophyas), die die Spore umgebende Hülle insbesondere aber als Sporenhülle (Sporostegium) bezeichnen.

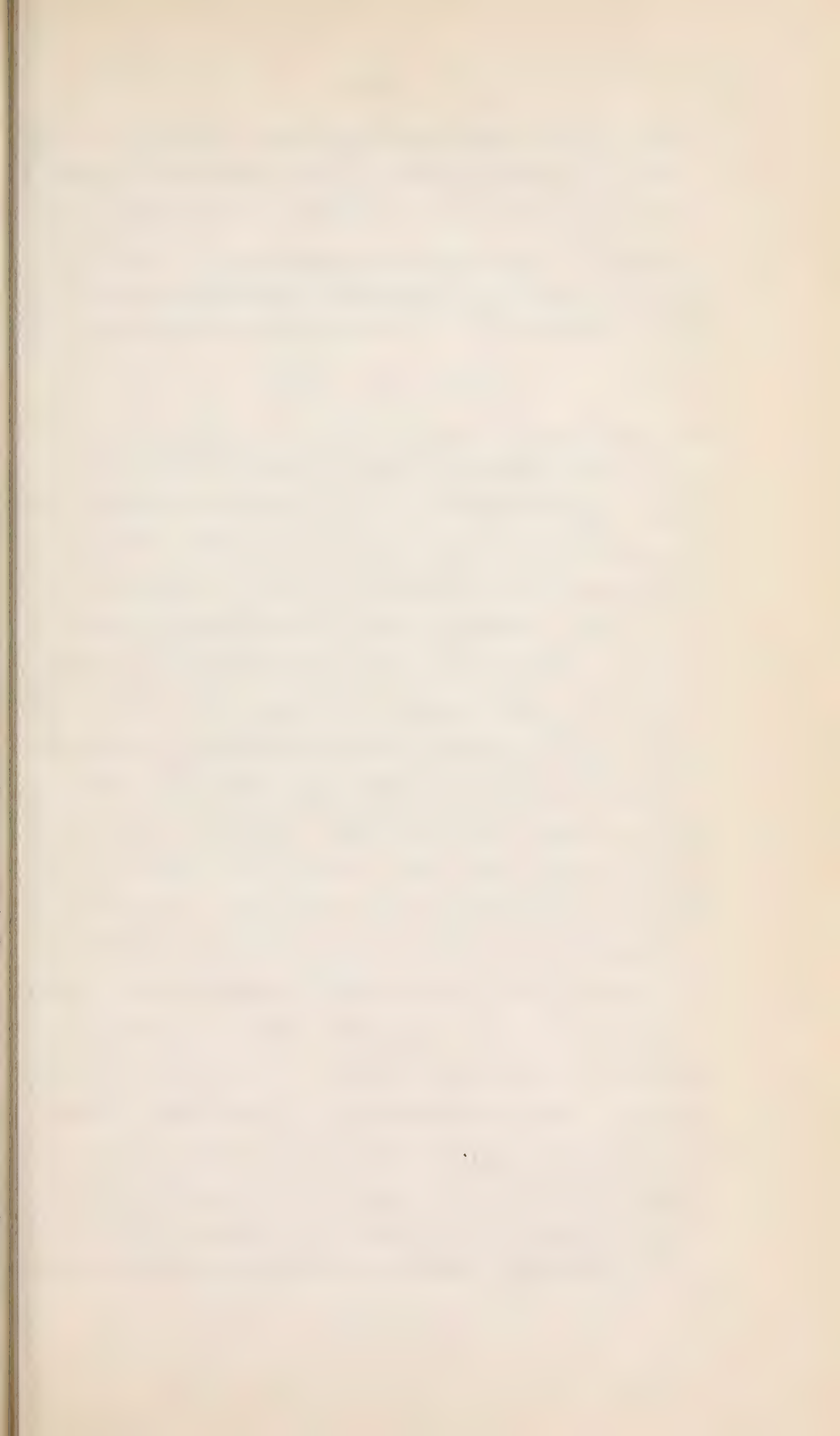
Somit würden sich die Characeen durch die Sporenbildung, durch den Mangel des den höheren Cryptogamen eigenen Ge-

nerationswechsels, so wie durch den rein zelligen Bau den niederen Cryptogamen, dagegen durch die Anwesenheit gewundener Samenfäden, so wie auch durch den bestimmteren Gegensatz von Stengel- und Blattbildung den höheren Cryptogamen anschliefsen, zwischen beiden eine sonderbare Mittelstellung einnehmend. Dafs denselben ein wirklicher (aktiver) Geschlechtsgegensatz zukommt, dafür sprechen zunächst eben die Samenfäden, deren Nothwendigkeit zur Befruchtung bei den höheren Cryptogamen durch mannigfache Erfahrungen und Experimente ([1]) nachgewiesen ist, so dafs man bei der grofsen Ähnlichkeit, welche diejenigen der Characeen mit denen aller höheren Cryptogamen, namentlich mit denen der Moose und Lebermoose, besitzen, wohl das Aristotelische οὐδὲν γὰρ μάτην ἡ φύσις ποιεῖ anwenden kann. Es spricht dafür ferner die den höheren Pflanzen analoge Vertheilung der Geschlechter, bald auf derselben Pflanze (monoecisch), bald auf verschiedenen (dioecisch), in welchem letzteren Falle sich Stöcke beiderlei Geschlechts gewöhnlich beisammen finden ([2]). Auch die Entwicklungsfolge der Fructificationsorgane stimmt überein, indem die Entwicklung der Antheridien im Allgemeinen der der Sporen vorausgeht, was besonders bei solchen Arten auffallend ist, welche eine kürzere Lebensdauer haben, wie z. B. bei *Nitella syncarpa* und *fasciculata*. Das häufige Vorkommen einer wahrscheinlich mit Unfruchtbarkeit der Spore verbundenen eigenthümlichen Degenerationsweise der Sporenhülle, welche darin besteht, dafs die harte Schale, welche im normalen Zustand die Spore schützt, nicht gebildet wird, scheint gleichfalls auf die

---

([1]) Den älteren Experimenten Savi's mit Salvinia und Fabre's mit Marsilia schliefsen sich die neueren Hofmeister's mit Selaginella (vergleichende Unters. höh. Crypt. p. 124) und Isoëtes (Beitr. zur Kenntnifs der Gefäfscryptog. p. 128) bestätigend an.

([2]) Eine Ausnahme hiervon macht *Ch. stelligera* Bauer, welche an den im gemäfsigten und nördlichen Europa bekannten Fundorten bis jetzt nur Antheridien tragend gefunden wurde. Die von Bertoloni beschriebene *Ch. ulvoides* Italiens scheint die weibliche Pflanze einer stärkeren Form derselben Art zu sein. *Ch. stelligera* ist übrigens eine Pflanze, die sich auf vegetativem Wege durch ihre sternförmigen, sprofstreibenden Knöllchen reichlich und leicht vermehrt.





Nothwendigkeit der Befruchtung hinzudeuten, doch ist es auffellend, daſs die Spore selbst in solchen degenerirten Sporenhüllen ebenso, wie die normale, reichlich mit Amylum gefüllt ist.

Ich habe in der ersten Abtheiluug unter A. B. und C. die Strömungsverhältnisse im Stengel, den Blättern und den Wurzeln betrachtet und setze nun die Betrachtung derselben fort:

D. In den Antheridien.

Die Antheridien finden sich bei den Characeen stets an den Blättern und entstehen durch eigenthümliche Entwicklung einer Endzelle des Blatts, sei es des Hauptstrahls oder eines Seitenstrahls. Bei den Nitellen mit einfach getheilten Blättern (*N. syncarpa, flexilis*) ist ein einziges, terminales Antheridium vorhanden, das den Hauptstrahl über der Ursprungstelle der Seitenstrahlen begrenzt, somit der mittleren (durch Fortsetzung des Hauptstrahls gebildeten) Zinke des meist dreigabeligen sterilen Blatts entspricht. Bei den Nitellen mit wiederholter Theilung der Blätter (*N. flabellata, gracilis etc.*) wiederholt sich das Antheridium gewöhnlich auch auf den Seitenstrahlen des Blatts, jedoch stets mit Ausnahme der Seitenstrahlen letzten Grades, welche nie Antheridien tragen, sondern die Antheridien als Gabelspitzen umgeben. Die Antheridien erseheinen daher bei den Nitellen gabelständig. Bei den Tolypellen befinden sich die Antheridien niemals auf dem Hauptstrahl des Blatts, sondern terminal auf den kürzesten einfachen Seitenstrahlen der untersten Blattgelenke oder auch im Grunde des Quirls selbst auf kleinen Stipularstrahlen. Bei Chara sind die Antheridien seitlich und vertreten die Stelle der kleinen, eingliedrigen Seitenstrahlen des Blatts, die ich als Blättchen (*Foliola*) bezeichnet habe, und zwar gewöhnlich die Stelle des innersten, dem Stengel zugewendeten Blättchens. Seltener treten auf der einen oder auf beiden Seiten des normalen Antheridiums noch weitere Antheridien statt Blättchen auf, so daſs je 2 oder 3 derselben neben einander liegen, wie dieſs zuweilen bei *Ch. foetida,* häufig bei *Ch. Baueri,* gewöhnlich bei *Ch. ceratophylla, imperfecta* und *australis* vorkommt. Bei *Lychnotham*-

nus, wenigstens bei *L. barbatus*, stehen zwei Antheridien über einem Foliolum der Innenseite des Blatts, rechts und links aus der Basis des Sporenknöspchens entspringend. Bei *L. alopecuroides* ist nur ein Antheridium seitlich von jedem Sporenknöspchen vorhanden und wird von diesem nach der Oberseite gedrängt.

Folgende Theile, welche zum Antheridium gehören oder doch in nächster Beziehung zu demselben stehen, zeigen Saftströmung:

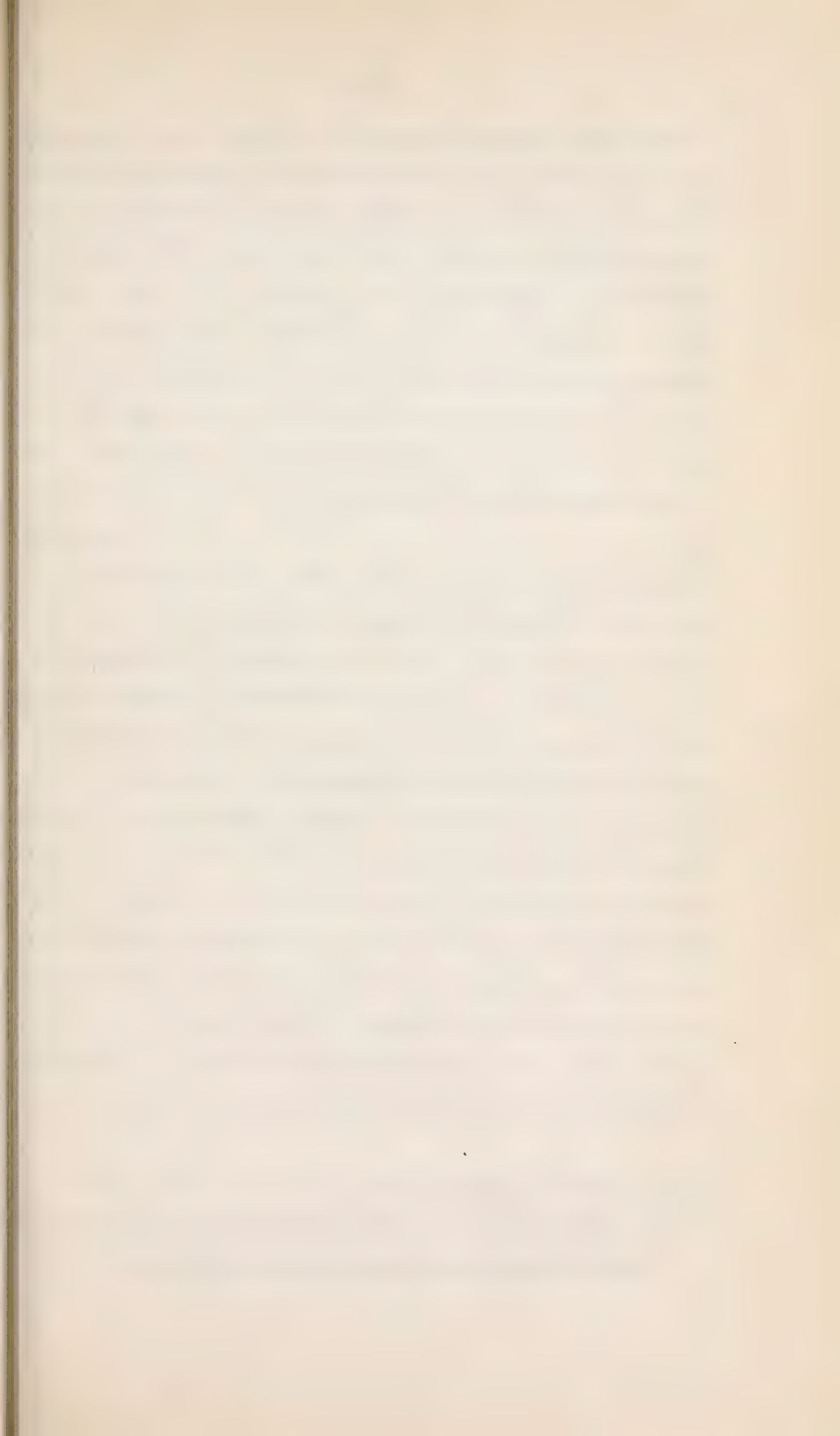
13. Die untere Stielzelle oder Scheibenzelle des Antheridiums. Der Saftstrom in derselben ist horizontal und in der Regel rechts.

Die hier erwähnte Zelle ist schon von Fritzsche [1] an *Nitella syncarpa* gesehen und dargestellt worden; ich sah sie ferner bei *N. flabellata* und *hyalina* und halte sie für eine Eigenthümlichkeit aller ächten Nitellen; bei Tolypella und Chara dagegen ist sie nicht vorhanden. Sie enthält in undeutliche Querreihen geordnete, jedoch sehr kleine Chlorophyllbläschen, schliefst sich daher in der Farbe an den vegetativen Theil des Blattes an, dem sie jedoch ihrer Entstehung zu Folge nicht angehört. In den ersten Bildungsstadien begriffene, noch einzellige oder auch schon 2- oder 4-zellige Antheridien von Nitella zeigen einen noch einzelligen Stiel, der sich erst später durch horizontale Theilung in die eben beschriebene untere (scheibenförmige) und in die unter No. 2. zu betrachtende obere (flaschenförmige) Stielzelle theilt, welche letztere bereits an der charakteristischen rothen Färbung des Antheridiums Theil nimmt. Merkwürdig ist die zwischen diesen beiden Zellen auftretende Umkehrung des gewöhnlichen Verhältnisses. Während im ganzen Bereiche des vegetativen Baus, wenn eine primäre Gliederzelle sich in 2 ungleiche Zellen theilt, die untere Zelle die in die Länge sich dehnende, die obere die scheibenförmig sich gestaltende ist, findet hier das Umgekehrte statt, was sich auch im Strömungsverhältnifs ausspricht.

Es kommt bei *N. syncarpa* nicht selten vor, dafs das Antheridien tragende Blatt einfach bleibt, indem das verlängerte

---

[1] Über den Pollen (1837) p. 12. t. 2. f. 4.





Blattglied, über welchem das Antheridium sitzt, eine primäre Gliederzelle bleibt, die weder Knoten noch Seitenstrahlen erhält. In diesem Falle ist die Scheibenzelle nicht zu übersehen. Der kreisförmig in horizontaler Richtung sich bewegende Saftstrom kann nirgends schöner und deutlicher wahrgenommen werden. Bei sehr zahlreichen Aufnahmen fand ich denselben nach derselben Seite gewendet, nämlich rechts; nur einige wenige Aufnahmen sind widersprechend und scheinen zu zeigen, dafs es Ausnahmen von der gewöhnlichen Wendung giebt.

14. Die obere Stielzelle oder Flaschenzelle des Antheridiums. Der Saftstrom in derselben ist vertikal und kreutzt sich (bei Nitella) gewöhnlich mit dem Strom des vorausgehenden vegetativen Blattgliedes.

Auch diese Zelle wurde zuerst von Fritzsche [1] und zwar unter dem Namen des flaschenförmigen Organs beschrieben. Sie ist von länglicher, stumpf kegelförmiger, nach oben oft flaschenartig eingebuchter Gestalt und innen mit Längsreihen röthlicher Farbebläschen besetzt. Der gröfsere Theil derselben ist im Inneren der Antheridienkugel verborgen, indem der nach unten aus der Kugel hervorragende Theil in der Regel sehr kurz ist. Nur in seltenen Fällen scheint sich dieser untere Theil zu einem längeren Stiele auszubilden, wenigstens schien mir der lange zarte Stiel, der zuweilen das Antheridium von *Ch. hispida var. spondylophylla* (*Ch. spondyloph. Kütz. Phyc. gen.*) trägt, nach Untersuchung getrockneter Exemplare eine blofse Verlängerung des aufserhalb der Antheridienkugel befindlichen Theiles der Flaschenzelle zu sein. Dafs ich die flaschenförmige Zelle, ungeachtet ihres Eingreifens ins Innere der Antheridienkugel, als eine Stielzelle betrachte, findet seine Erklärung in der Entwicklungsgeschichte des Antheridiums. Sie ist in der frühesten Zeit ihres Daseins mit der über ihr befindlichen und noch aus einer Zelle bestehenden Antheridien-

---

[1] l. c. p. 12. t. 2. f. 4. Das kranzförmige Gebilde, welches Fritzsche am Grunde des flaschenförmigen Organes fand, ist sicher nichts Anderes als ein bei der Auflösung des Antheridiums stehenbleibender Theil der Cuticula, welche den Stiel und die Kugel des Antheridiums überzieht.



Fritzsche ([1]) in dieser Beziehung gelassenen Lücken ziemlich vollständig ausfüllen wird, indem es mir mehrmals gelungen ist an sehr durchsichtigen jungen Antheridien von *Nit. syncarpa* und *Ch. Baueri* die im Innern derselben vorgehenden höchst sonderbaren und von Allem, was in den übrigen Theilen der Characeen vorkommt, völlig abweichenden Zellbildungsvorgänge zu unterscheiden. Die dadurch gewonnenen Resultate haben überdiefs eine erfreuliche Bestätigung erhalten durch die Beobachtungen, welche Nägeli an *N. syncarpa* gemacht und mir mitzutheilen die Güte gehabt hat.

Nachdem sich durch horizontale Theilung der zum Antheridium bestimmten Zelle eine untere Zelle, welche den Stiel desselben darstellt und sich zu der oben beschriebenen Flaschenzelle (oder bei Nitella durch spätere nochmalige horizontale Theilung zur Scheibenzelle und Flaschenzelle) ausbildet, von einer oberen, welche die Grundlage der Kugel des Antheridiums ist, getrennt hat, treten successive folgende Zellbildungsprozesse in der letzteren ein: 1) die Endzelle (Antheridienkugel) theilt sich durch eine senkrechte, in der Ebene des Radius der vorausgehenden Achse (des Stengels oder Hauptstrahls des Blatts) liegende Wand in zwei seitliche Hälften (Halbkugeln). 2) Jede dieser beiden Zellen theilt sich abermals durch eine senkrechte, mit der ersten sich rechtwinkelig kreuzende Wand. Die Antheridienkugel besteht nun aus 4 um eine senkrechte ideale Achse gelagerten Zellen (Kugelquadranten). 3) Jede der 4 Zellen theilt sich durch eine horizontale Wand, so dafs die Kugel nun aus 8 im Centrum zusammenstofsenden Zellen, 4 oberen und 4 unteren, oder, in anderer Betrachtung, 4 der rechten und 4 der linken Seite angehörigen Zellen (Kugeloktanten) besteht. Die äufsere Eintheilung des Antheridiums ist hiemit beendigt, die weiteren Zellbildungsprozesse gehen im Innern vor sich, indem 4) jede der 8 Zellen parallel der Kugeloberfläche (genauer: parallel einer die Mitte der Zelle berührenden Tangentialfläche der Kugel) in eine äufsere und innere Zelle getheilt wird. So entstehen 16 nach 8 Radien geordnete Zellen, von denen 8 den peripherischen, 8 den centralen Theil der Kugel bilden. Die letzteren theilen sich 5) nach demselben Gesetze abermals in je zwei Zellen, wodurch im Ganzen 24 Zellen

entstehen, welche von der Peripherie nach dem Centrum in drei Regionen vertheilt sind, gleichsam drei in einander steckende Kugeln bildend. Hiemit ist die Eintheilung der Kugel auch nach Innen beendigt und das Hauptgerüste gegeben, von welchem die Samenfaden erzeugenden Theile des Antheridiums ihren Ursprung nehmen. Zwischen den Zellen der drei Kugelregionen zeigt sich sehr bald ein bedeutender Unterschied in der Art ihres Wachsthums und ihrer Ausbildung. Die 8 Zellen der äufseren Region vergröfsern sich vorherrschend in der Richtung der Peripherie und werden dadurch plattenartig. In Folge der Art, in der sie sich in die Kugeloberfläche theilen, und welche der Anordnung der Flächen eines Octaëders entspricht, erhalten sie die Gestalt gleichseitiger Dreiecke, die jedoch bei den 4 unteren Zellen, die den Stiel berühren, an dem nach unten gewendeten Eck abgestutzt sind. Schon sehr früh zeigen sich an ihren Rändern die Anfänge der bekannten strahligen Einfaltungen, welche der Oberfläche des reifen Antheridiums ein so eigenthümlich gezeichnetes Ansehen geben. Das Fortschreiten dieser Einfaltungen zeigt zugleich den immer grösser werdenden Unterschied im peripherischen Wachsthum der äufseren und mittleren Zellen der Kugel an, denn nur mit dem mittleren, von der Einfaltung nicht berührten Theil der plattenartigen Zellen stehen die Zellen der zweiten Region in Verbindung. Diese Zellen der zweiten (mittleren) Region erhalten, wie eben angedeutet wurde, in der der Peripherie parallelen Richtung fast gar keine weitere Ausdehnung, wogegen sie sich in der Richtung des Radius um so stärker dehnen. Dadurch bilden sich schon in frühster Zeit Intercellularräume zwischen denselben, welche mit dem Wachsthum der ganzen Kugel an Geräumigkeit mehr und mehr zunehmen. Die besagten, nach ihrem ersten Auseinanderweichen fast kugeligen Zellen nehmen durch fortgesetzte radiale Dehnung allmählig die Form verlängerter Walzen an, welche mit ihrem nach aufsen gewendeten abgestutzten Ende auf die Mitte der peripherischen Zellen stofsen, mit dem nach innen gewendeten etwas verschmälerten und mehr gerundeten Ende dagegen an die Centralzellen sich anschliefsen. Diese, die 8 Zellen der dritten Region, zeigen das geringste, nach allen Dimensionen ziemlich





gleichmäfsige Wachsthum; sie bleiben bis zur Reife des Antheridiums im Centrum desselben vereinigt. Aus diesen Centralzellen wächst nun, sobald die Bildung der Intercellularräume in der mittleren Region begonnen hat, 7) eine neue Ordnung von Zellen hervor, indem durchschnittlich je 6 Zellen, wie es scheint durch Sprofsbildung, aus den durch die Bildung der Intercellularräume nach aufsen hin frei werdenden Seiten je einer Centralzelle entspringen. Es bleiben diese Zellen stets kleiner, als die Centralenzellen, verlängern sich nur wenig und bringen alsbald 8) selbst wieder neue, noch kleinere Zellen hervor, deren meist 3—5 aus einer Mutterzelle hervorsprossen. Es sind diefs die ersten Anfänge der gegliederten Fäden, welche die Intercellularräume des reifen Antheridiums in dichter, knäuelartiger Zusammendrängung erfüllen. Diese letztgenannten Zellen verzweigen sich nicht weiter durch Sprofsbildung oder doch nur hie und da noch einmal, sondern bilden sich durch blofse Zelltheilung weiter, indem 9) die nur in der Längsrichtung wachsende Zelle sich horizontal in zwei gleichwerthige Zellen theilt, ein Prozefs, der sich in allen Zellen des Fadens so lange wiederholt, als das Längenwachsthum des Fadens fortdauert. Die Zahl der so gebildeten Zellen eines Fadens, in welchen zuletzt [in von der Spitze rückschreitender Entwicklungsfolge ([1])] die Samenfaden entstehen, ist sehr bedeutend; ich fand deren bei *Ch. fragilis* und *foetida* nicht selten 60—90; bei *Nit. syncarpa* selbst bis 225.

Blicken wir von hier noch einmal zurück, so sehen wir die ganze Anordnung der Antheridium-Zellen nach 8 Radien bestimmt, welche im Centrum sich verzweigen und ihre Zweige nach der Peripherie zurückwenden. Bei der endlichen Auflösung der Antheridien sieht man diese 8 Radien zuweilen in ihrer vollen Integrität auseinander treten, wie es Thuret auf Tafel 8 von *Ch. fragilis* dargestellt hat. ([2]) Ein solcher Radius zeigt, wenn wir von der Periphe-

([1]) Nach Thuret, recherches sur les Antheridies des Crypt. p. 67. 68. t. 9. f. 2.

([2]) Das Antheridium von *Ch. fragilis* weicht übrigens, nach Thurets Darstellung und meinen eigenen Untersuchungen, von dem beschriebenen Bau etwas ab, indem das Manubrium 2—3 primäre Köpf-

rie ausgehen, folgende Theile: 1) eine platte dreieckige Zelle, welche gewöhnlich „Klappe" genannt wird, die ich aber passender als Schild (*scutum*) zu bezeichnen glaube; 2) eine der Mitte der innern Seite des Schildes aufgesetzte, walzenförmig verlängerte Zelle, welche gewöhnlich als „Röhrchen" aufgeführt wird. Ich nenne sie Griff (*Manubrium*), da sie 3) die rundliche Centralzelle trägt, die ein Köpfchen (*Capitulum primarium*) bildet, an welchem durch Vermittlung von 4) mehrerern kleineren kurzen Zellen (den sekundären Köpfchen) 5) die Antheridienfäden büschelartig befestigt sind, eine mehrfach zusammengesetzte Peitsche darstellend. ([1]) Die Zahl der Zellen, welche die ausgebildete Antheridienkugel umfaſst, ist, wie aus den angeführten Daten entnommen werden kann, nicht klein. Eine ungefähre Berechnung für *Nit. syncarpa* läſst sich auf folgende Weise stellen:

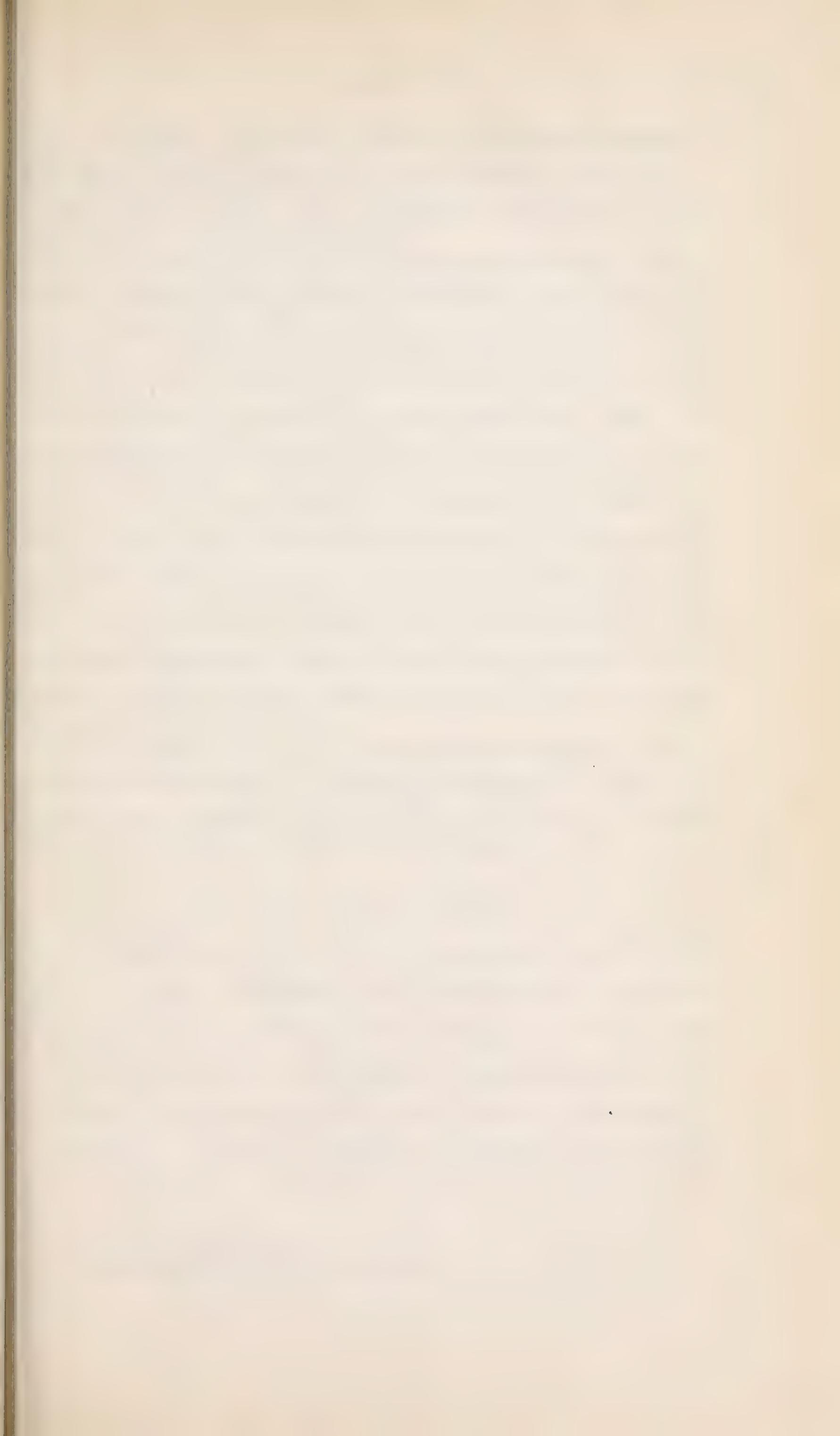
1) Schilder	8
2) Griffe	8
3) primäre Köpfchen	8
4) sekundäre Köpfchen 6 × 8 d. i.	48
5) Zellen der 4 × 48 Fäden, für jeden Faden 200 angenommen, 4 × 48 × 200 d. i.	38400
Im Ganzen	38472.

Was nun die Saftströmungen in den Zellen des Antheridiums betrifft, so ist es weder anderen Beobachtern, noch mir selbst jemals geglückt eine solche in den Schildern der Oberfläche zu sehen. Bei der strahligen Einfaltung, welche diesen Zellen eigenthümlich ist, müſste der Kreislauf des Saftes von ganz besonderer Art sein. Nicht nur die Gestalt dieser Zellen, sondern auch die Anordnung der ziegelrothen Körner oder Farbebläschen, welche sich bloſs an der nach innen gewendeten Fläche der Zelle abgelagert finden und keine Spur reihenartiger Stellung zeigen, macht es übrigens wahrscheinlich,

---

chen trägt, welche im Centrum des Antheridiums nicht vereinigt zu sein scheinen.

([1]) Vergl. Fritzsche l. c. t. 2. f. 7 und 8 und Meyen, Pflanzenphys. III. t. 12. f. 17.





dafs in denselben in der That niemals ein Kreislauf stattfindet. Die Bewegung der abgelöfsten rothen Körnchen, welche Kützing(¹) in den Schildern des Antheridiums gesehen, ist offenbar eine blofse Molecularbewegung.

In den Manubrien ist die Strömung bereits vor Varley (1834), Meyen (1839), Thuret (1840) und andern Beobachtern gesehen worden. Sie steht hier, wie gewöhnlich, im Einklang mit der reihenweisen Anordnung der Farbebläschen, welche, wie in den Schildern und der Flaschenzelle, von rother Farbe sind. An den beiden Enden des Manubrium fehlen die wandständigen Bläschen, wefshalb man an denselben das Umwenden des Stroms sehr deutlich sehen kann. Die Ausmittelung der ohne Zweifel bestehenden Beziehung der Richtung, welche der Strom in den oberen und unteren, so wie rechten und linken Manubrien zu den verschiedenen Seiten der Kugel besitzt, war mir nicht möglich und wird ohne besondere Gunst des Zufalls schwer zu erreichen sein, da die Strömung erst nach dem Aufspringen der Antheridien, durch welches die Manubrien entblöfst werden, aber auch zugleich aus ihrer Lage kommen, zu Gesichte kommt.

Die Zellen, welche ich als Köpfchen bezeichnet habe, sind farblos und lassen das Strömungsphänomen nur selten unterscheiden, namentlich die secundären Köpfchen, in welchen dasselbe nur einmal von Meyen(²) beobachtet wurde.

E. In den Sporenknöspchen.

Die Lage der Sporenknöspchen ist bei den Characeen ebenso verschiedenartig, als die der Antheridien, doch erscheinen sie niemals gipfelständig auf dem Hauptstrahl des Blatts. Bei den Nitellen stehen sie bald einzeln, bald zu mehreren nebeneinander auf der Innenseite des Blattgelenks, sei es des Hauptstrahls oder der Seitenstrahlen. Bei monöcischen Arten erhalten sie dadurch ihre Stelle unterhalb des Antheridiums. Bei manchen Tolypellen umgeben sie in grofser Zahl die auf kurzen Seitenstrahlen befindlichen Antheridien, sowohl an den

---

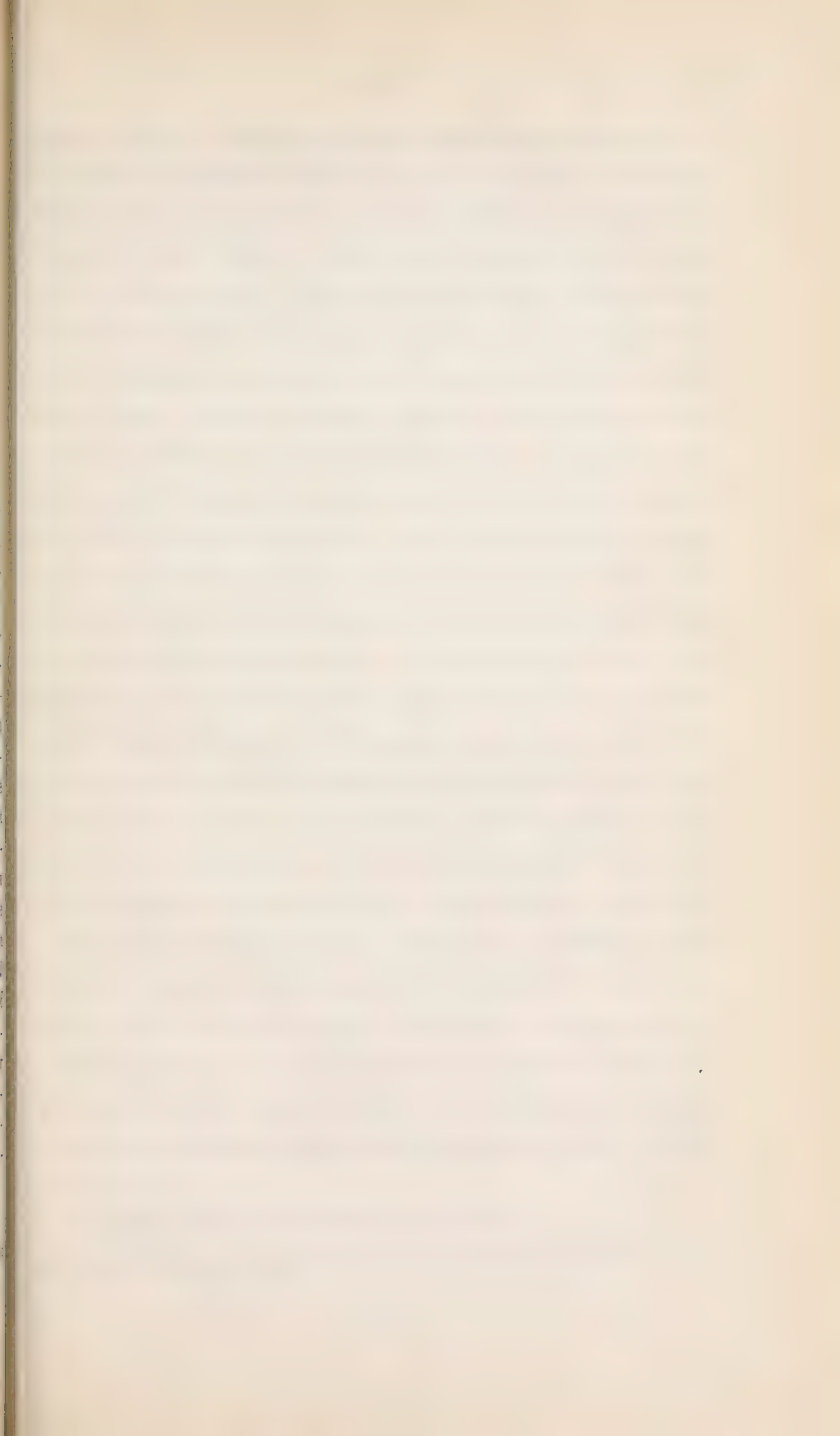
(¹) Phycol. gen. p. 313 u. f.
(²) Pflanzenphys. III. p. 220. t. 12. f. 17. g.

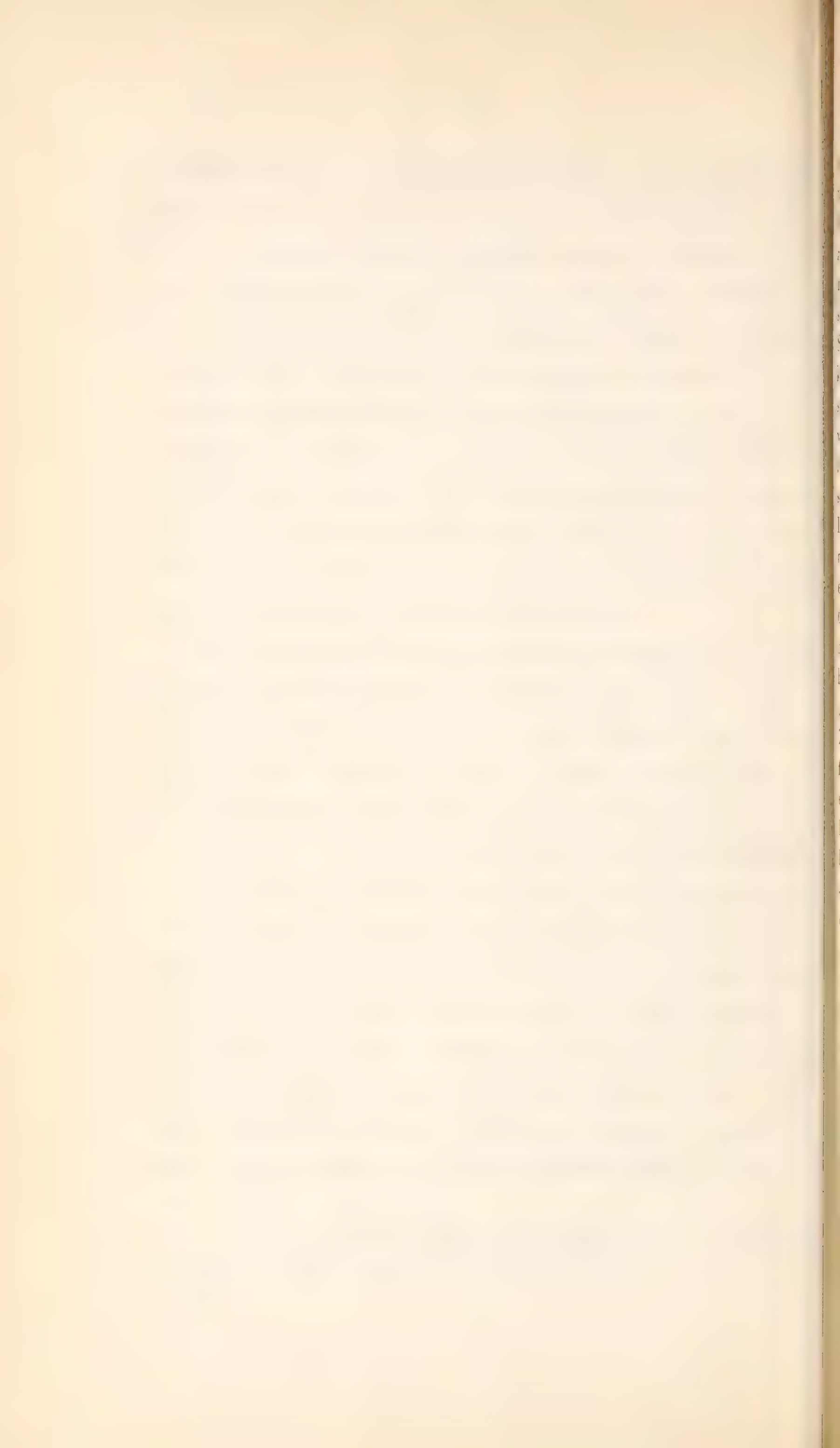
Blattgelenken, als im Grunde des Quirls. In der Gattung *Chara* stehen sie auf der Innenseite der Blattgelenke und zwar bei diöcischen Arten in der Achsel des innersten Foliolums, ([1]) welches in diesem Falle den übrigen an Gröfse entweder gleichkommt (z. B. bei *Ch. aspera*) oder beträchtlich kleiner ist, als die benachbarten sterilen Foliola (*Ch. crinita*); bei monöcischen Arten stehen sie in der Achsel des Anteridiums, also nicht wie bei den Nitellen unter, sondern über dem Antheridium, welches hier die Stelle der Bractea vertritt. Selten finden sich, ebenso wie diefs von den Antheridien angegeben wurde, 2—3 nebeneinanderstehende Sporenknöspchen an Einem Gelenke vor. Bei einigen wenigen Chara-Arten kommen auch an den basilären Gelenken der Blätter, also im Grunde des Quirls, Sporensprölschen vor, z. B. bei *Ch. corallina*. Bei Lychnothamnus endlich entspringen sie auch bei den monöcinischen Arten in der Achsel eines Foliolum.

Ort und Art des Ursprungs sind von besonderer Wichtigkeit für die morphologische Deutung des weiblichen Fructificationsorgans, wefshalb ich eine genauere Darstellung der Entstehung desselben nicht übergehen kann. Bei den Chara-Arten mit berindeten Blättern z. B. bei *Ch. fragilis*, die ich hier namentlich im Auge habe, besteht der Seitenstrahl des Blatts, wie ich früher (unter No. 11 im Abschnitt über das Blatt) gezeigt habe, aus einem eingliedrigen Blättchen, das von einem fünfzelligen Basilarknoten getragen wird, dessen 4 peripherische Zellen sich zu einer Berindungstafel des Blattes ausdehnen, welche aus 2 nach oben und 2 nach unten sich erstreckenden Zellen besteht, von denen die 2 obern die zuerst entstehenden, die 2 untern die spätern sind. Anders verhält es sich bei dem auf der Innenseite des Blatts liegenden Seitenstrahl, der zur Fructification bestimmt ist. Das eingliedrige Blättchen wird hier zum Antheridium, der Basilarknoten aber bildet nicht 4, sondern 5 peripherische Zellen, eine obere (unpaare), welche zuerst entsteht, 2 seitliche, welche nachfolgen, und 2 zuletzt ent-

---

([1]) Für dieses Blättchen allein wäre der Name *Bractea* anwendbar, während gewöhnlich unpassend alle Foliola des Charenblattes so genannt werden.





stehende untere. Von diesen fünf Zellen bilden sich nur die 2 untern zu Berindungszellen aus, die obere (dem sterilen Basilarknoten fehlende, gleichsam eingeschobene) ist die Ursprungszelle des Sporenknöspchens, dessen Entwicklungsgeschichte ich nachher weiter verfolgen werde; die 2 seitlichen aber bilden sich zu Blättchen aus, welche, nach oben an der Stielzelle des Sporenknöspchens, nach unten an der Centralstelle des Basilarknotens, welche das Antheridium trägt, eingelenkt, seitlich zwischen Antheridium und Sporostegium stehen. Ich will sie, wiewohl dieser Ausdruck streng genommen nicht ganz passend ist, als Vorblättchen (*bracteolae*) bezeichnen. Sie sind wenigstens Anfangs stets kürzer als die 2 benachbarten Blättchen des Blattgelenks, während sie später diesen an Länge oft gleichkommen oder sie selbst übertreffen. Bei Lychnothamnus scheinen es diese 2 Blättchen zu sein, welche zu Antheridien werden. Bei *Chara ceratophylla* sind solcher das Sporenknöspchen umgebender Vorblättchen meist 5 vorhanden, deren Ursprung ich jedoch bis jetzt nicht verfolgen konnte. Vergleicht man die hier angegebene Entstehungsweise des Sporenknöspchens mit der des Zweigs, so muss das analoge Verhalten beider in die Augen fallen. Wie der Zweig aus dem Basilarknoten des Blattes, so entspringt das Sporenknöspchen aus dem Basilarknoten eines Blättchens; wie dem zweigtragenden Blatt der nach oben gehende Berindungslappen fehlt ([1]), so fehlen auch dem Blättchen, das das Sporenknöspchen trägt, die nach oben sich erstreckenden Berindungszellen; wie es das erste Blatt des Quirles am Stengel ist, dass einen Zweig in der Achsel erzeugt, ([2]) so ist es auch das erste Blättchen des Quirles am Blatt, an welches die Entstehung des Sporenknöspchens geknüpft isr. Ich habe daher keinen Anstand genommen die Stellung des Sporenknöspchens bei Chara über einem Foliolum oder einem die Stelle desselben vertretenden Antheridium als eine axilläre zu bezeichnen. Ich finde in dieser axillären Stellung des weiblichen Fructificationsorgans einen der hauptsächlichsten Anhaltspunkte, welche

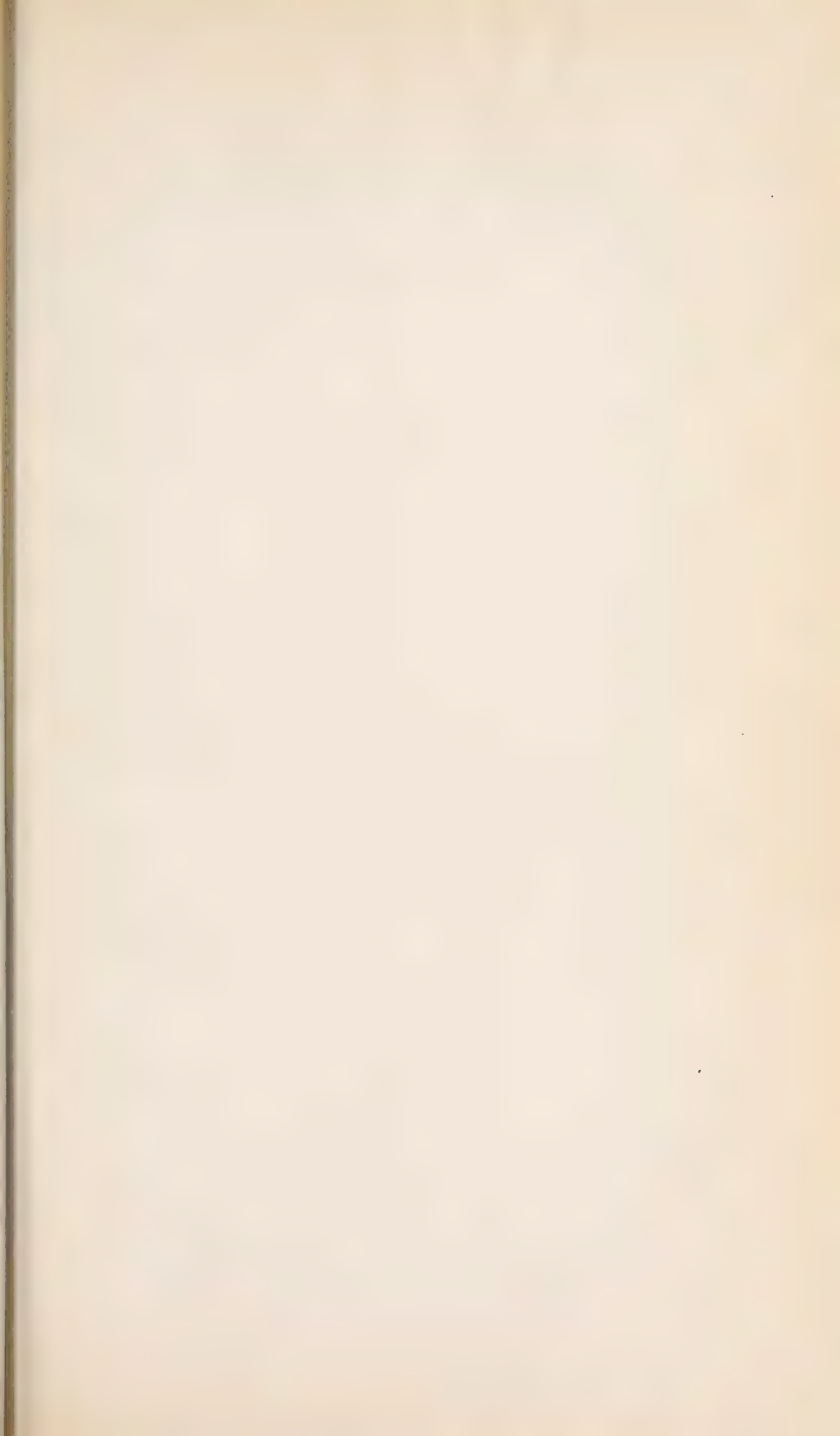
---

([1]) Vergl. unter No. 9 im Abschnitt über das Blatt.

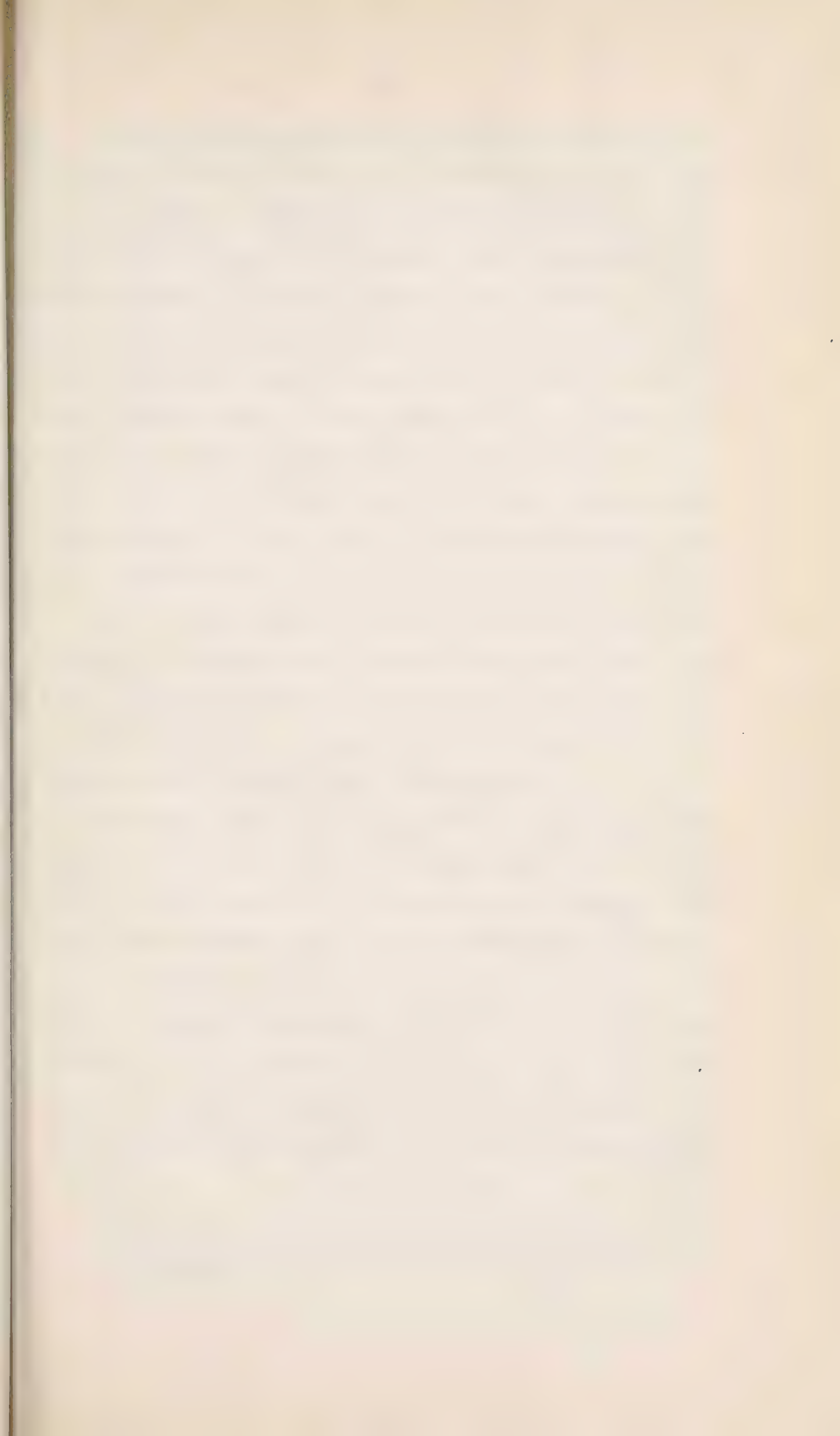
([2]) Vergl. unter No. 3 im Abschnitt über den Stengel und unter No. 4 im Abschnitt über das Blatt.

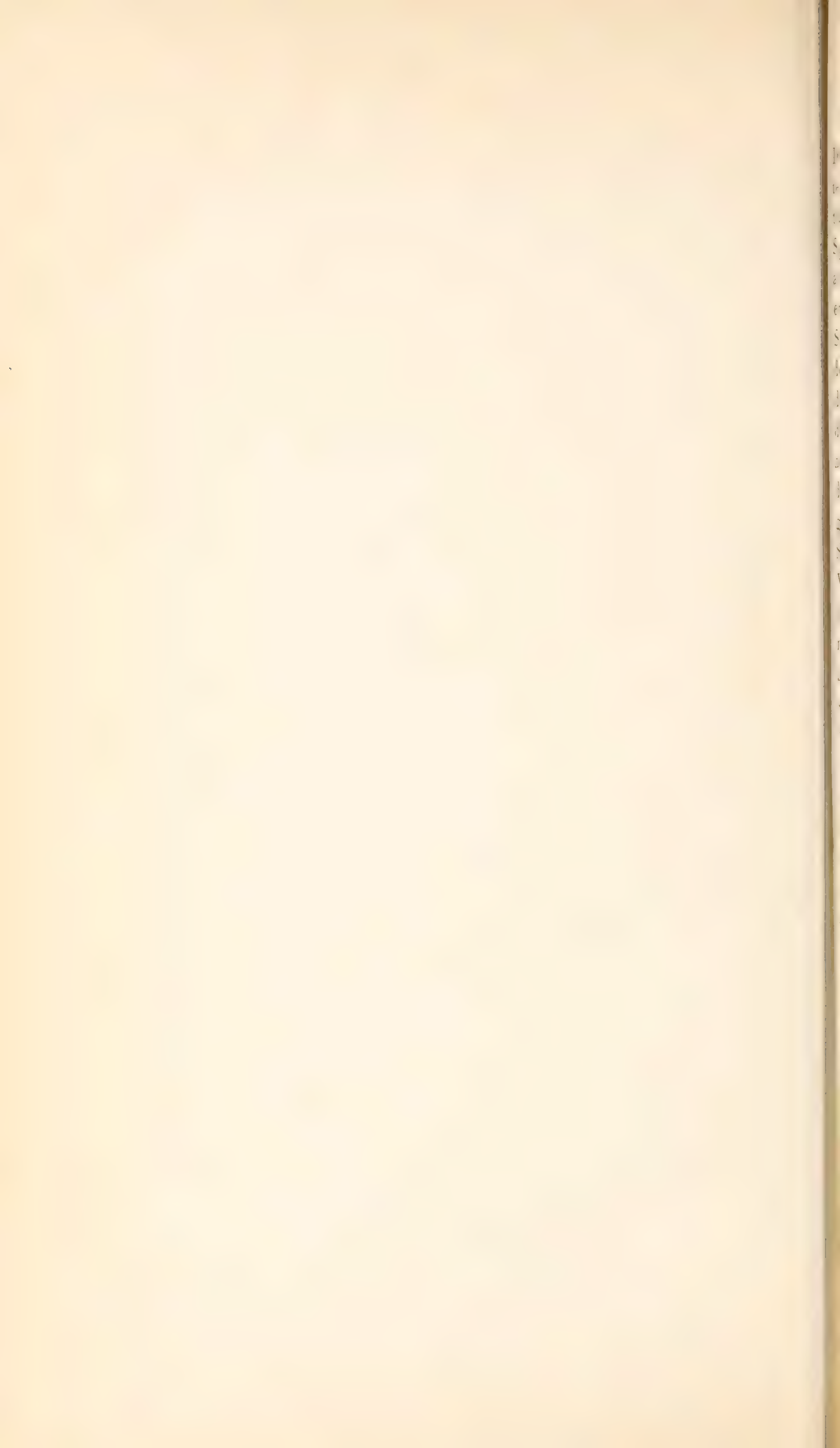
mich bestimmen dasselbe für mehr als einen bloſsen Theil des Blattes selbst, nämlich für ein Gebilde vom morphologischen Rang eines Sproſses zu halten und in dieser Beziehung eine Analogie des Sporenknöspchens der Characeen mit dem Eiknöspchen (*Ovalum, Gemmula*) der Phanerogamen zu erblicken. Wie bei den Phanerogamen die Bildung der Anthere und des Pollens rein dem Blatte angehört, das Organ dagegen, in welchem der Keim der neuen Pflanze entsteht, wieder zur Achsennatur zurückkehrt und als Knöspchen aus dem Fruchtblatt hervorsproſst, so scheint mir auch bei den Characeen die Antheridienbildung auf einer bloſsen (und zwar partiellen) Metamorphose des Blattes zu beruhen, das Organ dagegen, das die Keimzelle der neuen Pflanze hervorbringt, ein zur Achsenbildung, zur Bedeutung eines Sproſses sich erhebendes Gebilde zu sein, und dies ist es, was ich mit der Bezeichung desselben als Sporenknöspchen ausdrücken wollte. Da die Spore sich beim Keimen zur Hauptachse der neuen Pflanze entwickelt, so liegt der Gedanke nahe, schon demjenigen Gebilde, als dessen integrirender Theil sie ursprünglich entsteht, eine ähnliche Bedeutung zuzuschreiben, d. i. eben es als Sproſs zu betrachten. Was ich, auſser der schon betrachteten gleichsam eingeschobenen Entstehungsweise desselben, für eine solche Auffassung noch anführen möchte, ist die in keiner Weise einseitige, sondern vollständig gleichmäſsig quirlartige Ausbildung des in der Folge näher zu beschreibenden Involucrums, durch welches das Sporostegium gebildet wird. Doch kann ich nicht läugnen, dass auch für die entgegenstehende Auffassung des Sporensproſschens, nach welcher es als blosser Theil, als untergeordneter Strahl des Blatts betrachtet würde, mannigfache Anhaltspunkte vorhanden sind. Dahin gehört vor Allem der Ursprung der Sporensproſschen bei Nitella, wo dieselben nicht achselständig erscheinen, sondern die Stelle von Seitenstrahlen des Blattes selbst vertreten, so wie der Umstand, daſs die Centralzelle (Knotenzelle) des das Involucrum bildenden Quirles nicht wie bei den Stengelquirlen sich theilt, sondern einfach bleibt, wie es bei der Bildung der Foliolarquirle am Blatt der Fall ist. (¹)

(¹) Vergl. unter No. 4 in dem Abschnitt über das Blatt.









Die abnormen Bildungen (Katamorphosen), welche bei Nitellen nicht allzuselten vorkommen, unterstützen theils die eine, theils die andere Ansicht. Bei *N. syncarpa* beobachtete ich Sporenknöspchen, (¹) bei welchen die Blätter des Involucrums, anstatt zum Sporangium zu verwachsen, sich zum freien Quirl entwickelt hatten, während der mittlere, im normalen Fall die Spore bildende Theil als verlängerte Zelle erschien, welche die den Endgliedern der Nitellenblätter gewöhnliche, mit auffallender Verdickung und deutlicher Schichtung der Zellhaut verbundene Zuspitzung zeigte. Quirlstrahlen sowohl als Mittelstrahl zeigten dabei entweder noch röthliche Farbebläschen, wie sie dem normalen Involucrum zukommen, oder in andern Fällen grüne nach Art der Blätter. Hier hatte sich das aufgelöste Sporenknöspchen in einer völlig der Blattnatur entsprechenden Weise abgeschlossen. Anderseits sah ich aber auch mehrmals (namentlich bei *N. flabellata*) gewöhnliche vegetative Sprofse mit völlig normaler Bildung des Stengels und der Blattquirle zwischen den Seitenstrahlen des Blattes, also an der Stelle, wo sonst die Sporenknöspchen sich befinden, erscheinen; doch fehlen bis jetzt Mittelstufen, durch welche die Möglichkeit der wirklichen Umbildung des Sporenknöspchens in solche vegetative Sprofse bestimmt nachgewiesen werden könnte.

Die ganze Frage, ob das sporenbildende Organ der Characeen ein wahrer Sprofs oder ein blofser Theil des Blattes ist, möchte bei den Characeen, wo die Blattbildung der Stengelbildung noch so ähnlich ist, dafs man das Vorhandensein wahrer Blätter überhaupt bestreiten kann, von geringem Belang und die Auslegung als willkührlich erscheinen, allein es ist zu bemerken, dafs auch bei den Phanerogamen in Beziehung auf das Ovulum dieselbe Zweideutigkeit besteht. Auch hier hat man einerseits in der absteigenden Entwicklungsfolge der Integumente, andrerseits in den an antholytischen Blüthen vorkommenden Umgestaltungen der Ovula in Randläppchen oder Fiederchen des Fruchtblatts Gründe gefunden das Ovulum für einen blofsen

---

(¹) Auch Nägeli hat mir eine Reihe interressanter Fälle, welche hieher gehören, mitgetheilt.

Theil des Fruchtblatts zu halten ([1]), während anderseits das Hervortreten der Integumente in Form von Schwielen um die Spitze des Nucleus entschieden an die Entstehung der Blätter um den Vegetationspunkt des Stengels erinnert und unter den katamorphotischen Gestaltungen der Ovula antholytischer Blüthen Fälle vorliegen, in welchen das Ovulum entschieden zu einem vielblättrigen Knöspchen umgebildet erscheint ([2]). Wenn man daher nicht umhin kann das Eisprößchen der Phanerogamen als ein aus dem Blatte hervortauchendes Gebilde zu betrachten, das sich zur Achsennatur und zum selbstständigen Blattbildungsproceſs erhebt, möglicher Weise aber auch wieder in die bloſse Theilnatur des Blattes zurückschlägt, so wird sich dieselbe Betrachtung wohl auch zur Erklärung des zweideutigen Sporenknöspchens der Characeen anwenden lassen.

In folgenden Theilen des Sporenknöspchens ist die Strömung der Zellsaftes wahrnehmbar:

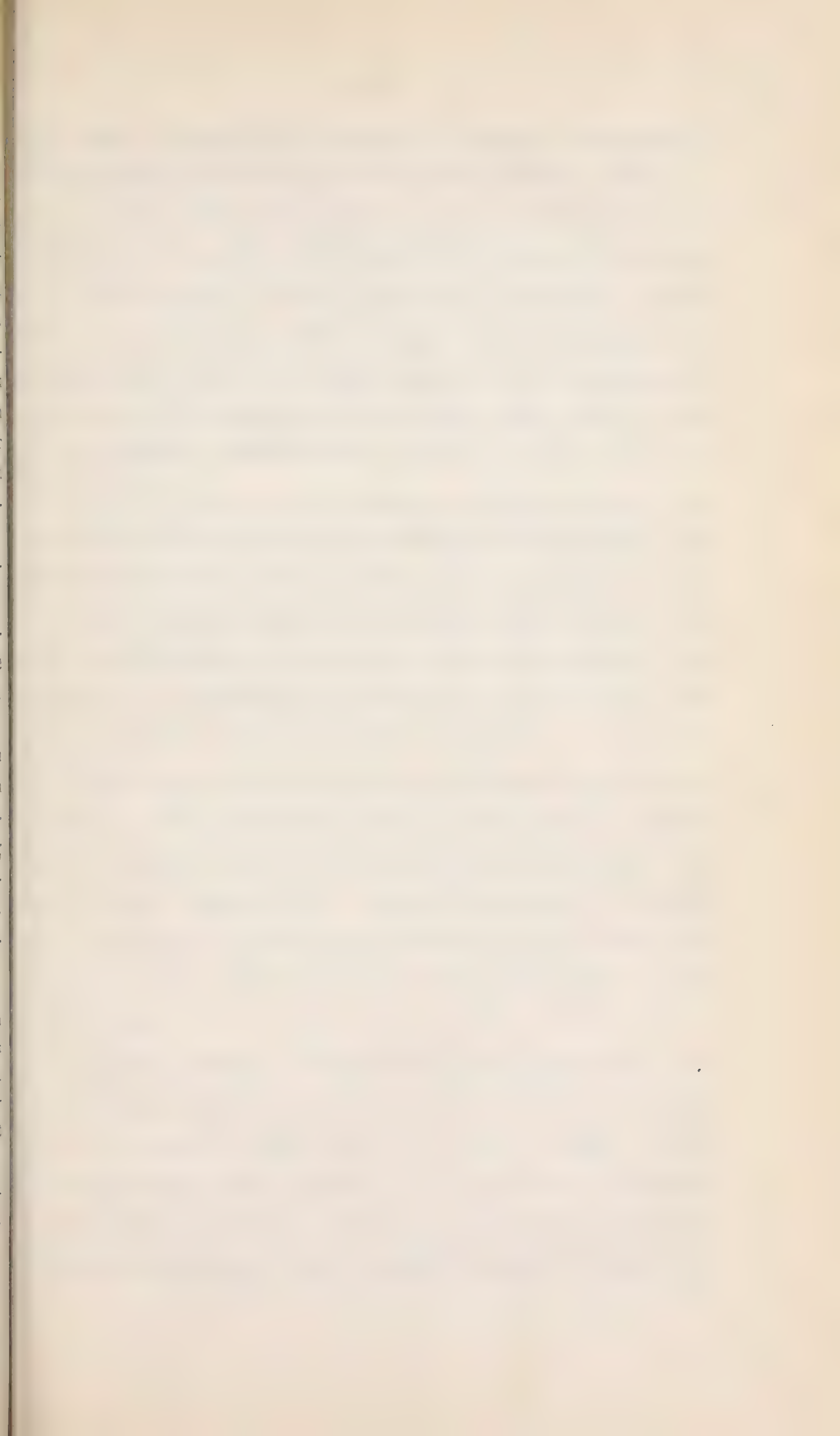
18. In den zuweilen einzelligen, häufiger mehrzelligen Basilarknoten des Stiels der Sporenhülle von Nitella sind die Strömungsverhältniſse noch nicht genügend ermittelt.

Nach Analogie der Basilarknoten der Blätter und Blättchen wäre hier horizontale Strömung zu erwarten, allein nach den Aufnahmen von *N. syncarpa* scheint senkrechte Strömung vorhanden zn sein, namentlich wenn der Basilarknoten einzellig ist, in welchem Falle auch Nägeli eine mit der darüber liegenden Stielzelle parallele und gleichwendige Strömung sah. Bei mehrzelligem Basilarknoten schien mir wenigstens in eini-

---

([1]) Vergl. Brongniart, *Exam. de quelq. cas de Monstrosités végét* in den Archives du Muséum Tom. 4., namentlich die Fälle von *Delphinium elatum* und *Brassica Napus.* Ähnliche Fälle wurden schon 1829 von Schimper (Beschreibung der *Symphytum Zeyheri* in Geigers Magazin für Pharmacie Taf. 5 und 6.) vom Trifolium repens dargestellt, wo sie gar nicht selten vorkommen.

([2]) Besonders deutliche Fälle dieser Art besitze ich von Nigella, Adonis, Tropaeolum. Auf Schimper's Taf. 6. sind hieher gehörige von Reseda dargestellt.





gen Zellen desselben die Strömung senkrecht. Fortgesetzte Beobachtung muss hierüber bestimmteren Aufschluss geben.

19. In dem einzelligen Stiel der Sporenhülle von Nitella ist die Strömung senkrecht und radial mit aussen auf- und innen abwärts gehendem Strom.

Die Strömung in der Stielzelle der Sporenhülle wurde auch von Schultz (l. c. p. 465.) gesehen, und von Varley wurden ungewöhnliche, aber offenbar abnorme Verhältnifse derselben angegeben; sie verhält sich nach meinen Beobachtungen wie in den Gliederzellen der Blätter, doch schien mir die Strömungsebene manchmal auch von der radialen Richtung abzuweichen.

Die Anwesenheit eines deutlichen, vom Basilarknoten verschiedenen Stieles ist eine Eigenthümlichkeit der Nitellen. Die Stielzelle ist meist kürzer als breit, selten von gleicher Länge und Breite. Bei *Chara* ist ein Stiel mit Basilarknoten nicht vorhanden; die Sporenhülle ruht auf einer einzigen Zelle, welche im Basilarknoten des Foliolums (oder Antheridiums), aus welchem das Sporenknöspchen entspringt, völlig versteckt ist und in welcher eine Strömmung zu sehen mir noch nicht gelungen ist.

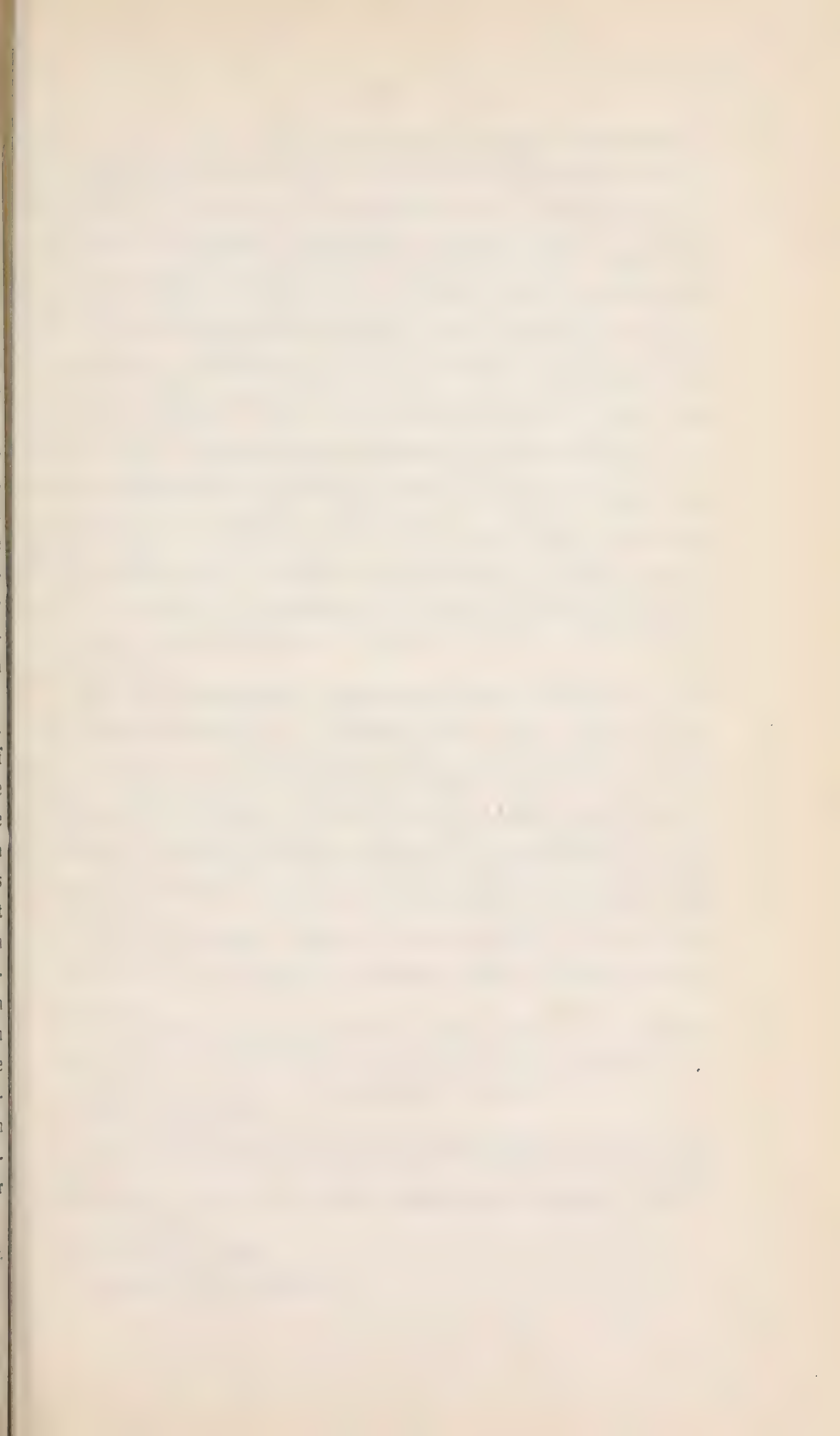
20. In den Gliederzellen der 5 Involucralblätter, welche, sich verbindend und rechts um die eingeschlossene Spore windend, die Sporenhülle und an deren Spitze das sogenannte Krönchen bilden, ist der Strom (abgesehen von der Windung), wie bei den vegetativen Blättern, senkrecht und radial, auf der äusseren, von der Spore abgewendeten Seite auf-, der inneren, der Spore zugewendeten Seite absteigend.

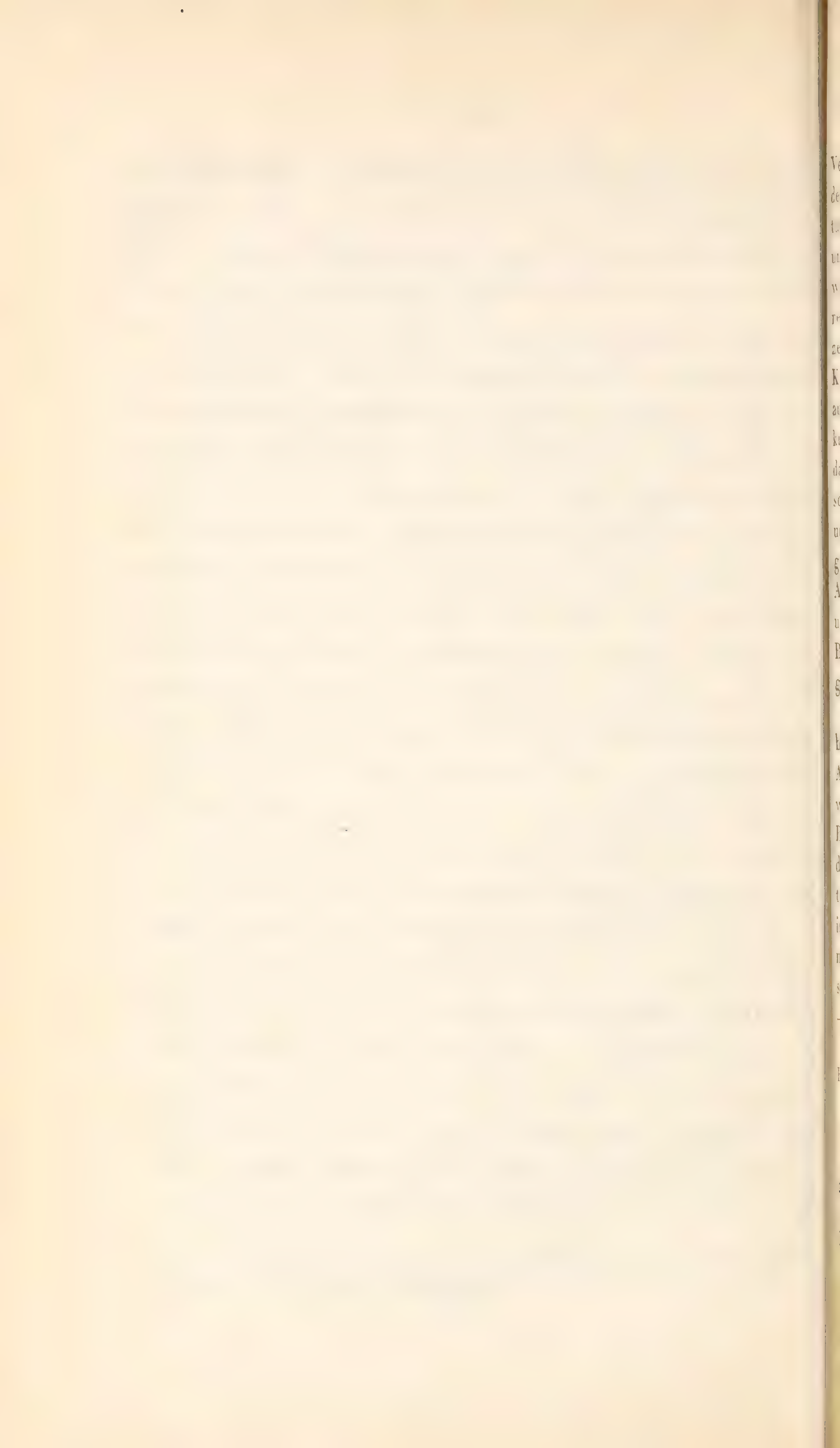
Dafs die bekannte, durch ihre zierliche Spiralwindung ausgezeichnete Sporenhülle nicht den Sporenbehältern (Sporangien) anderer Cryptogamen z. B. der Farne, Lycopodien, Moose u. s. w. verglichen werden kann, zeigt der erste Blick auf die Entwicklungsgeschichte derselben; sie ist nicht ein Zellkörper, in welchem die Sporenbildung vor sich geht, sondern vielmehr ein Gebilde, das die Spore (oder genauer gesprochen die sporenbildende Mittelachse des Sporenknöspchens) erst nach und

nach überwächst und einschliefst, vergleichbar etwa der zelligen Hülle, welche die sporenbildende Zelle von Coleochaete überwächst, oder dem Involucrum, welches bei Griffithsia das Sporangium (Cystocarpium) umgiebt, nur mit dem Unterschiede, dafs es bei letzterer Gattung frei und nicht, wie bei den Characeen, angewachsen ist.

Die Entwicklungsgeschichte des Sporensprösschens ist bei *Chara* folgende. Die oben erwähnte Zelle des Basilarknotens des Foliolums (Antheridiums), in dessen Achsel das Sporenknöspchen ensteht, erhebt sich halbkugelig und theilt sich in der Art, dafs der Scheitel der Vorragung als besondere, anfangs sehr flache (halblinsenförmige) Zelle abgesondert wird. Hierauf theilt sich die untere Zelle abermals durch eine der ersten parallele (horizontale) Wand in zwei Zellen, von denen die untere, sich nicht weiter theilende, die bereits erwähnte versteckte Stielzelle darstellt, die obere aber, welche die Natur einer Knotenzelle hat, sich alsbald weiter in einen fünfgliedrigen Zellkreis und eine Centralzelle theilt. Von den 5 Zellen dieses Zellkreises liegen 2 nach hinten (gegen das Foliolum oder Antheridium gewendet), die unpaarige Zelle dagegen nach vorn, d. i. vom Foliolum abgewendet oder in Beziehung auf das ganze Blatt nach oben. Ferner ist zu bemerken, dafs die 2 hinteren Zellen des Zellkreises sich früher bilden, als die vorderen, nach demselben Successions-Gesetze, nach welchem die ersten Zellen der Foliola aus der primären Knotenzelle des Blatts entstehen. Die Centralzelle (secundäre Knotenzelle) theilt sich nicht weiter. Die peripherischen Zellen verlängern sich nun in strahliger Richtung, erheben sich im Umkreis der unterdessen gleichfalls etwas verlängerten Scheitelzelle, und theilen sich, noch ehe sie sich über letzterer zusammenschliefsen, in eine untere und eine obere Zelle, von welchen die untere meist die kürzere ist. Es hat sich somit ein aus 5 zweizelligen Strahlen bestehender Quirl gebildet. Die unteren Zellen dieser Strahlen verlängern sich sofort und übertreffen die oberen bald an Ausdehnung ([1]); sie verbinden sich während dieser

([1]) In diesem Stadium ist das Sporensprösschen von C. Müller (bot. Zeit. 1845) auf Taf. 30. f. 30 abgebildet.





Verlängerung unter sich und mit der gleichfalls sich streckenden Scheitelzelle und nehmen dabei allmählig eine schiefe Richtung an ([1]), welche, mit fortschreitendem Wachsthum mehr und mehr zunehmend, die gewundene Lage erzeugt, in welcher wir die ausgebildeten Zellen der Sporenhülle finden. Die oberen Zellen dagegen bleiben kurz und bilden, über der Scheitelzelle sich verbindend, das fünfzellige und dadurch fünfspitzige Krönchen der Sporenhülle. Die Entstehung der Sporenhülle aus einem Quirl zweigliedriger Blätter, wenn man das Sporenknöspchen als Sprofs, oder zweigliedriger Blättchen, wenn man dasselbe blofs als Blattstrahl betrachtet, ist somit klar und die schon vor Kenntnifs der Entwicklungsgeschichte von Agardh ([2]) und Meyen ([3]) gegebene Deutung der Hülle als Blattquirl gerechtfertigt. Ebenso bedarf es aber auch keiner weiteren Auseinandersetzung, dafs die von Schultz ([4]), Kützing ([5]) und C. Müller ([6]) gegebene Erklärung der Sporenhülle als Berindung eines verkürzten Stengelinternodiums völlig unbegründet ist.

Die Entwicklung des Sporensprölschens von *Nitella* zeigt, bei Übereinstimmung im Wesentlichen, einige merkwürdige Abweichungen. Die Stielzelle erhält, wie schon oben gezeigt wurde, eine gröfsere Entwicklung, indem sie einen besondern Basilarknoten bekommt. Noch wichtiger scheint mir ein in der Entwicklung des Quirles, welcher die Sporenhülle bildet, auftretender Unterschied zu sein, indem die Blätter desselben sich in 3 Zellen theilen. Nach der ersten Theilung in 2 Zellen tritt nämlich eine bei *Chara* fehlende zweite Theilung ein und zwar so dafs die untere Zelle sich abermals theilt, offenbar entspre-

---

([1]) Vergl. die Fig. 32 von C. Müller, welche jedoch in der centralen Reihe eine Zelle zu viel zeigt, wie aus dem folgenden zu ersehen ist.

([2]) Über die Anatomie und den Kreislauf der Charen p. 255.

([3]) Pflanzenphys. III. p 354.

([4]) „Die ganze Charenfrucht ist ein durch Metamorphose verkürztes Stengelglied, die Hülle der Rinde entsprechend, die Narbe 5 Blättern eines Quirls, über welchen sich kein neues Stengelglied entwickelt." Nat. der leb. Pfl. II. p. 468.

([5]) Phycol. gen. p. 80.

([6]) Bat. Zeit. 1845. Spalte 443.

chend der Theilung der primären Gliederzellen der Blätter in eine secundäre Gliederzelle und primäre Knotenzelle. Die obere der beiden neu entstandenen Zellen (die Knotenzelle) ist die kürzere; sie verlängert sich auch in der Folge nur unmerklich und nimmt an der Bildung des Krönchens Theil, indem sie nach innen eine Ausbauchung oder einen Fortsatz erhält, vermittelst dessen die Schliefsung des Krönchens bewirkt wird. Das Krönchen der Nitellen ist defshalb nicht aus 5 Zellen, wie bei *Chara*, sondern aus 10, in zwei Kreisen übereinanderliegenden Zellen gebildet.

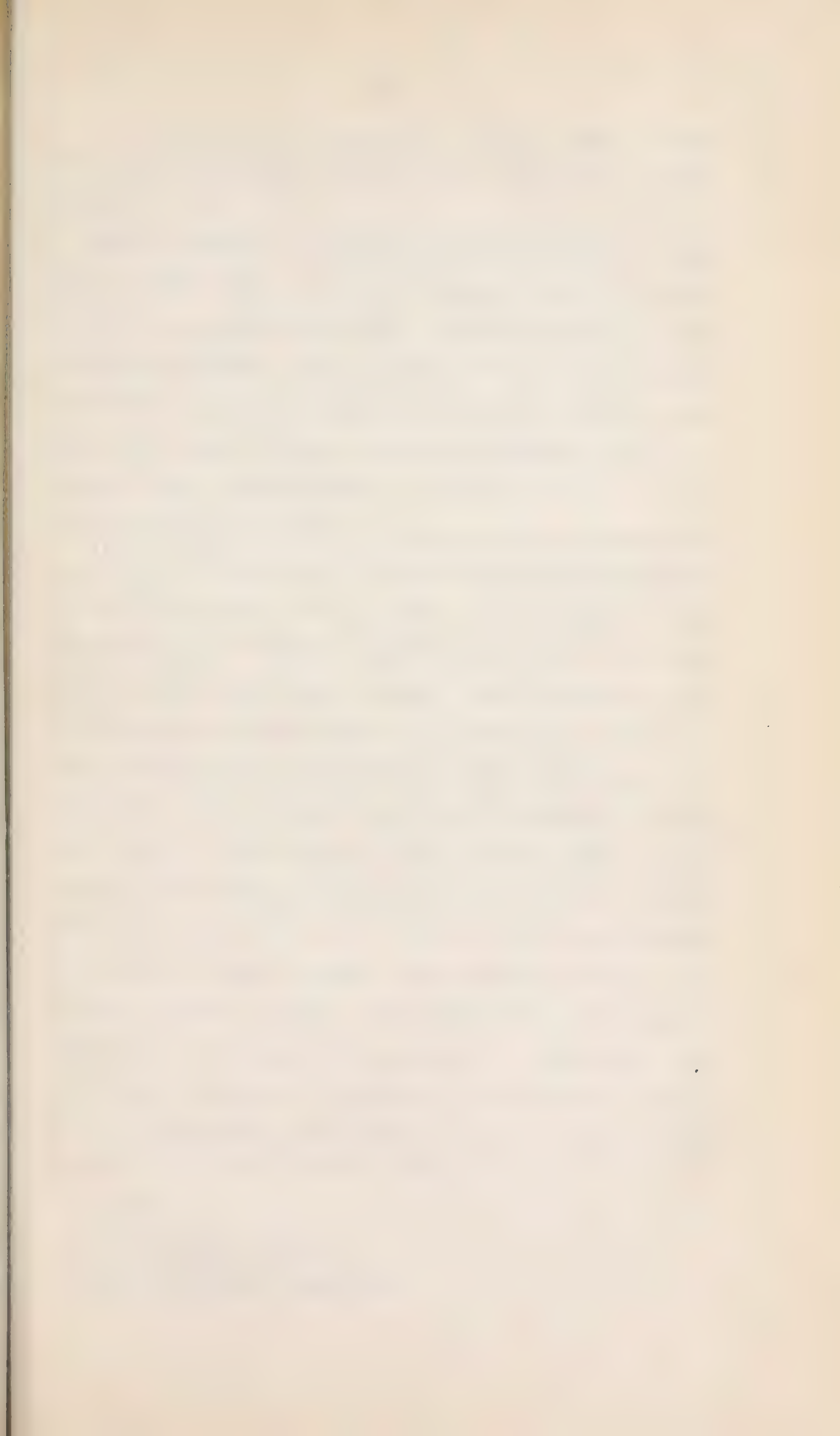
Auch in der späteren Ausbildung unterscheidet sich das Krönchen von *Chara* und *Nitella*. Bei *Chara* füllen sich die Zellen desselben mit reichlichem Inhalt und erhalten einen inneren Überzug von Farbebläschen, welche nicht selten bis zur Zeit der Reife grün bleiben, während sie sich in den gewundenen Zellen der Hülle roth, rothgelb oder braunroth färben. Das Phänomen der Saftströmung tritt bei *Chara* in den Zellen des Krönchens, ebenso wie in den gewundenen Zellen, ein und ist meist noch zur Zeit der Sporenreife sichtbar. Bei *Nitella* dagegen bleiben die 10 Zellen des Krönchens frühe im Wachsthum stehen und erscheinen, da sie niemals Farbebläschen erhalten, stets farblos. Das Phänomen der Strömung scheint nie in denselben einzutreten und das ganze Krönchen wird endlich zur Zeit der Reife, oder manchmal schon vor derselben, abgestossen. ([1]) *Tolypella* verhält sich hierin wie *Nitella*, *Lychnothamnus* wie *Chara*.

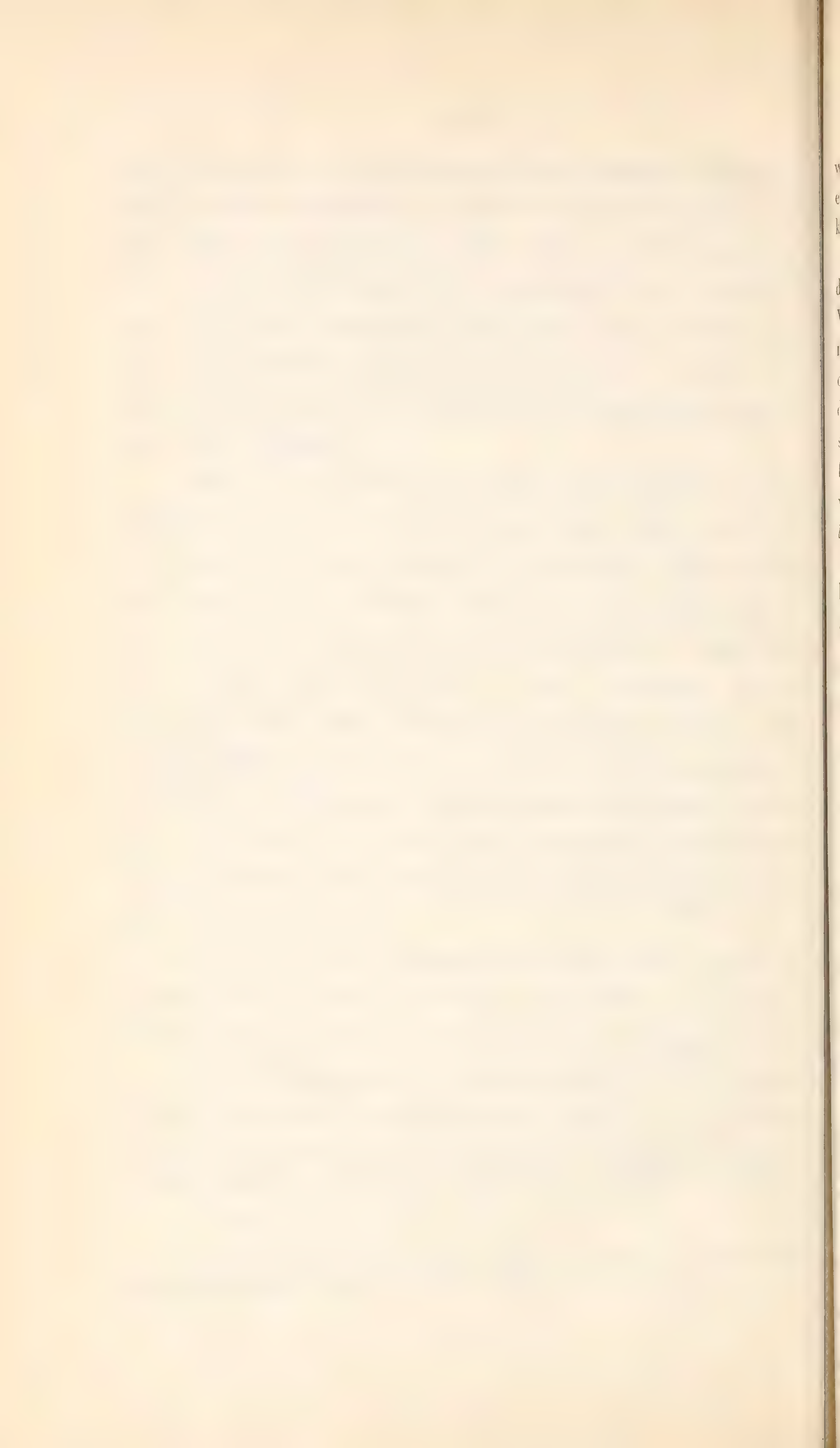
In den gewundenen Zellen der Hülle ist die Strömung schon von Corti und Treviranus, so wie später von Schultz, Meyen und den meisten neuern Beobachtern gesehen worden.

Die Fünfzahl der Blätter, welche die Sporenhülle bilden, daher auch die Fünftheiligkeit des Krönchens ist sehr beständig. Ältere abweichende Angaben beruhen sicherlich auf Irrthum, doch will ich nicht bezweifeln, dafs als seltene Ausnahme sechszellige Krönchen bei *Chara* vorkommen, wie diefs von Hed-

---

([1]) Blofs hierauf beruht Agardh's Angabe „*nuculae non coronatae*" im Genuscharacter von *Nitella*.





wig[1] und Meyen[2] behauptet wird; mir selbst ist nur einmal ein vierzelliges Krönchen bei *Ch. galioides* vorgekommen.

Noch beständiger als die Zahl ist die Richtung der Windung der Hüllzellen. Ich habe sie bei den Characeen aller Weltheile, bei denen der südlichen, ebenso wie bei denen der nördlichen Hemisphäre stets rechts gefunden, also der Drehung des Stengels entgegen, aber übereinstimmend mit der Drehung der Blätter in den vegetativen Blattquirlen. Bei einigen Nitellen setzt sich die Windung auch noch kenntlich in das Krönchen fort, dessen Spitzen alsdann schief zusammengeneigt erscheinen, wie die Zähne des Peristoms von *Funaria*; so z. B. bei *N. batrachosperma, gloeostachys* etc.

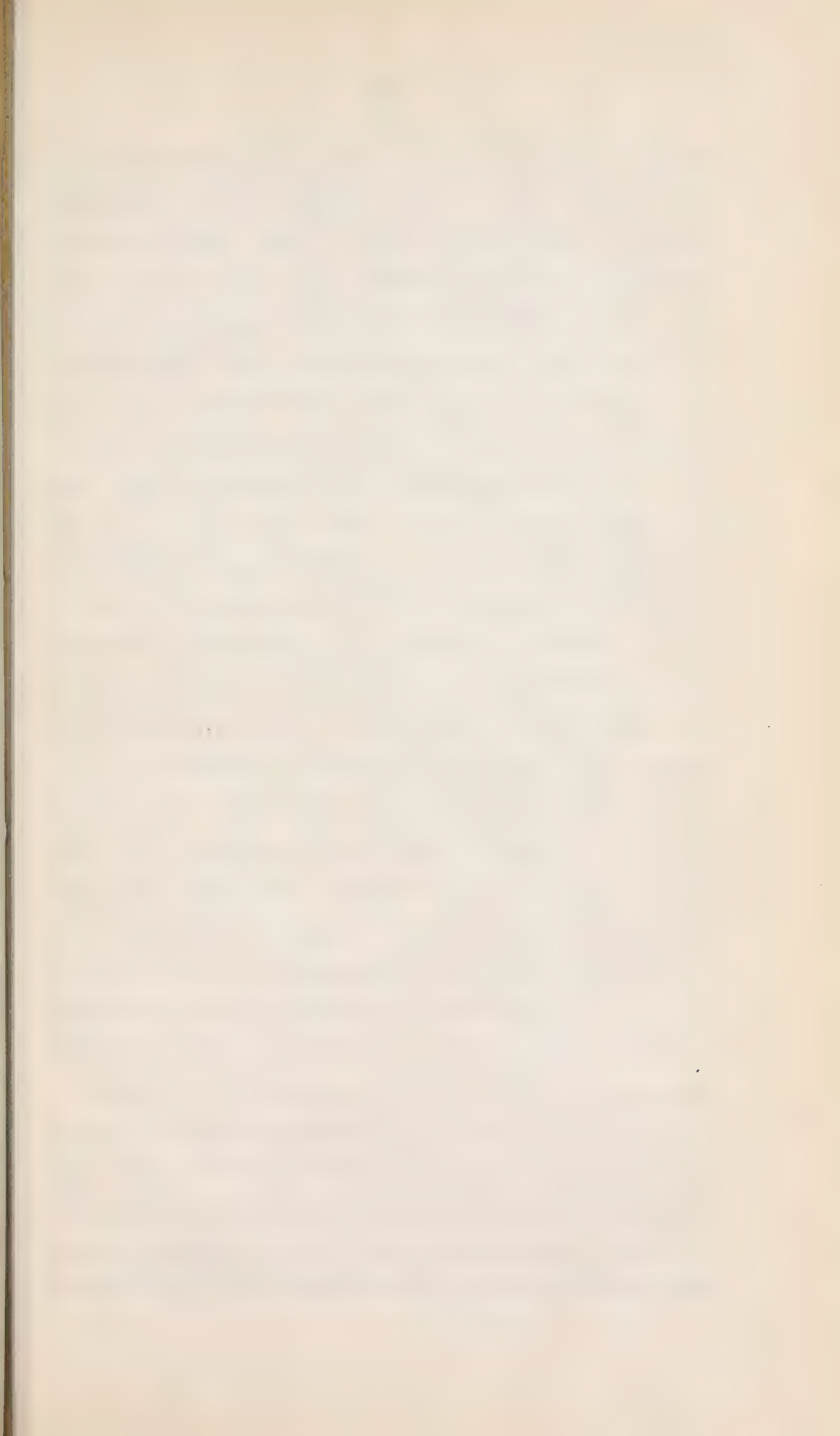
Um das Bild des Sporenknöspchens nicht unvollständig zu lassen füge ich noch Einiges über die von der Hülle umschlossene Knospenspitze, aus welcher sich die Spore bildet, bei, wiewohl Strömungsverhältnifse in diesem Theile nicht weiter vorkommen. Seit die alten Vorstellungen von der Vielsamigkeit der Charenfrucht, welche auf Verwechselung der Amylumkörner des Sporeninhalts mit Samen oder Sporen beruhten, beseitigt sind, glaubte man der von der Hülle umschlossene Kern bestehe aus einer einzigen Zelle, der Spore. C. Müller hat jedoch bereits eine zweite, innerhalb der Hülle, dicht unter der Spore liegende Zelle bemerkt, welcher er eine besondere Wichtigkeit in Beziehung auf die Ernährung der Spore beilegt.[3]. Diese Zelle findet sich constant sowohl bei *Nitella*, als bei *Chara* und ist auch zur Zeit der Reife der Spore noch zu sehen; sie füllt sich niemals mit Amylon, wie die Zelle der Spore, enthält aber anderseits auch meistens kein Chlorophyll, wodurch sie sich von der unter ihr befindlichen Centralzelle des Hüllquirls unterscheidet. Schwieriger überzeugt man sich von der Anwesenheit zweier weiteren im Innern der Sporenhülle befindlichen Zellen, auf welche ich zuerst im Jahre 1848 durch Nägeli aufmerksam gemacht wurde und

[1] Theor. gen. p. 210 etc.

[2] Pflanzenphysiol. III. 394.

[3] Bot. Zeit. 1845. p. 396 und 442.

die ich seither bei allen Nitellen, welche ich lebend untersuchen konnte, wieder gefunden, bei *Chara* dagegen noch nicht bemerkt habe. Sie erscheinen in schon vorgerückteren Entwicklungsstadien des Sporenknöspchens in Form eines auf der Hinterseite der Spore befindlichen vom Boden der Sporenhülle sich senkrecht erhebenden, in die Müllersche Basilarzelle und die Sporenzelle selbst gleichsam eingedrückten zweizelligen Fortsatzes. Um das eigentliche Verhältnifs dieser drei Zellen zur Sporenzelle aufzufassen, müssen wir auf ihre Entstehung zurückgehen. Noch ehe die 5 Hüllblätter ihre Gliederung erhalten und über dem Kern des Sporenknöspchens sich zusammenschliessen, geht in der ursprünglich einfachen, fast kugelformigen Zelle desselben folgender eigenthümliche Theilungsprozefs vor. Die genannte Zelle (ich will sie, um die Vorgänge bestimmter bezeichnen zu können, die primäre Kernzelle nennen) theilt sich durch eine fast horizontale, sehr bald aber durch das ungleiche Wachsthum der beiden Seiten des Kerns schief nach hinten geneigte Wand in 2 sehr ungleiche Zellen, von welchen die obere ein sehr flaches, halblinsenförmiges Kugelsegment vorstellt. Da die primäre Kernzelle die Endzelle eines Spröfschens ist, so erinnert diese Theilung offenbar an die an den Stengelspitzen sich stets wiederholende Theilung der Scheitelzelle in eine neue Scheitelzelle und eine primäre Gliederzelle. Allein in dem hier beschriebenen Fall hat die neu entstandene Scheitelzelle keine weitere Zellbildnngsfähigkeit, ja sie hat kaum ein Wachsthum, wefshalb sie später der heranwachsenden Hauptzelle des Kerns gegenüber verschwindend klein erscheint. Sie ist somit eine Zelle, die nur abgelegt zu werden scheint, um das Wachsthum nach dieser Seite hin definitiv abzuschliefsen und, wie die folgende Theilung zeigt, einer anderen Seite zuzuwenden. Ich will sie daher die erste Wendungszelle nennen. Die primäre Kernzelle wird nach Ablegung dieses ersten Segments zur secundären Kernzelle, welche nun nach einer anderen Seite hin, nämlich nach der hinteren, denselben Prozefs wiederholt, indem sie sich in zwei sehr ungleiche Zellen theilt, die tertiäre Kernzelle und die zweite Wendungszelle, welche als sehr flaches Kugelsegment von der Hinterseite der grofsen Kernzelle gleich-





sam abgeschnitten wird. Da sie nach oben an die erste Wendezelle, nach unten an die Knotenzelle des Hüllquirls stöfst, so erscheint sie als eine Halblinse mit nach oben und unten abgestutztem Rand. Auch in dieser Richtung wird die Zellbildung verlassen, die zweite Wendezelle bleibt im Wachsthum stehen und geht der Verkümmerung entgegen, wie die erste. Die Bildungsfähigkeit des Kerns wendet sich nun, im Kreise fortschreitend, wieder um einen Quadranten weiter, indem sich die tertiäre Kernzelle von Neuem theilt in eine quaternäre Kernzelle und eine dritte Wendungszelle, welche von der Basis der tertiären Kernzelle abgeschnitten wird. Sie stellt daher eine wagerechte, dünne, kreisförmige Scheibe dar, welche auf der Seite, mit welcher sie an die zweite (senkrechte) Wendezelle stöfst, abgestutzt ist. Diese dritte Wendezelle ist die von C. Müller beschriebene Zelle; als Durchgangszelle zur Spore verkümmert sie nicht in dem Maafse, wie die beiden anderen Wendezellen. Die quaternäre Kernzelle wird zur Spore, welche erst beim Keimen den Zellbildungsprozefs wieder aufnimmt und zwar nach der von dem Kreis der Wendezellen freigelassenen vierten, vorderen Seite, welche jedoch durch ihre vorherrschende Ausbildung (durch welche die ursprünglich nach oben gewendete erste Wendezelle völlig nach der Hinterseite, ja selbst nach dem untersten Theil der hinteren Wand zurückgedrängt wird) wieder zur Oberseite wird. Es ergiebt sich aus diesen Vorgängen das merkwürdige Resultat, dafs der beim Keimen nach oben sich entwickelnde, auf der Seite des Krönchens die Hülle durchbrechende Vegetationspunkt der Spore nicht der ursprüngliche, bei der Bildung des Sporenknöspchens nach oben gewendete Vegetationspunkt ist, so wie, dafs derselbe eigentlich nicht der oberen, sondern der wagrecht nach vorn gerichteten Seite der Spore entspricht.

Wann tritt die Befruchtung bei den Characeen ein? Wäre uns diefs bekannt, so möchte dadurch vielleicht ein Licht auf den sonderbaren Umwendungsprozefs der Zellbildung in der Kernzelle geworfen werden. Angenommen die Befruchtung träfe schon die primäre Kernzelle, so würde diese als primäre Embryonalzelle erscheinen und es könnte dann allerdings, und zwar in bestimmterer Weise als bei Hofmeister, von einer zweiten, inner-

halb der Sporenhülle sich ausbildenden Generation der Characeen die Rede sein. Das sonderbare Aufgeben der ersten Richtungen der Zellbildung, um sie in neuen wieder aufzunehmen, möchte an die Erscheinung in der Entwicklung des Embryon der Farne, Selaginellen, Isoëten, Marsileaceen erinnern, bei welchen allen die erste Wachsthumsrichtung (die primäre Achse) frühe aufgegeben und eine zweite eingeschlagen wird, welcher Vorgang bei Equisetum sich an dem bereits aus dem Prothallium hervorgebrochenen Keimpflänzchen noch mehrmals und stets nach derselben Seite fortschreitend wiederholt. ([1]) So sind wir noch einmal in die schon im Eingang berührte dunkle Region zurückgeführt worden, welche nur durch neue Entdeckungen aufgehellt werden kann.

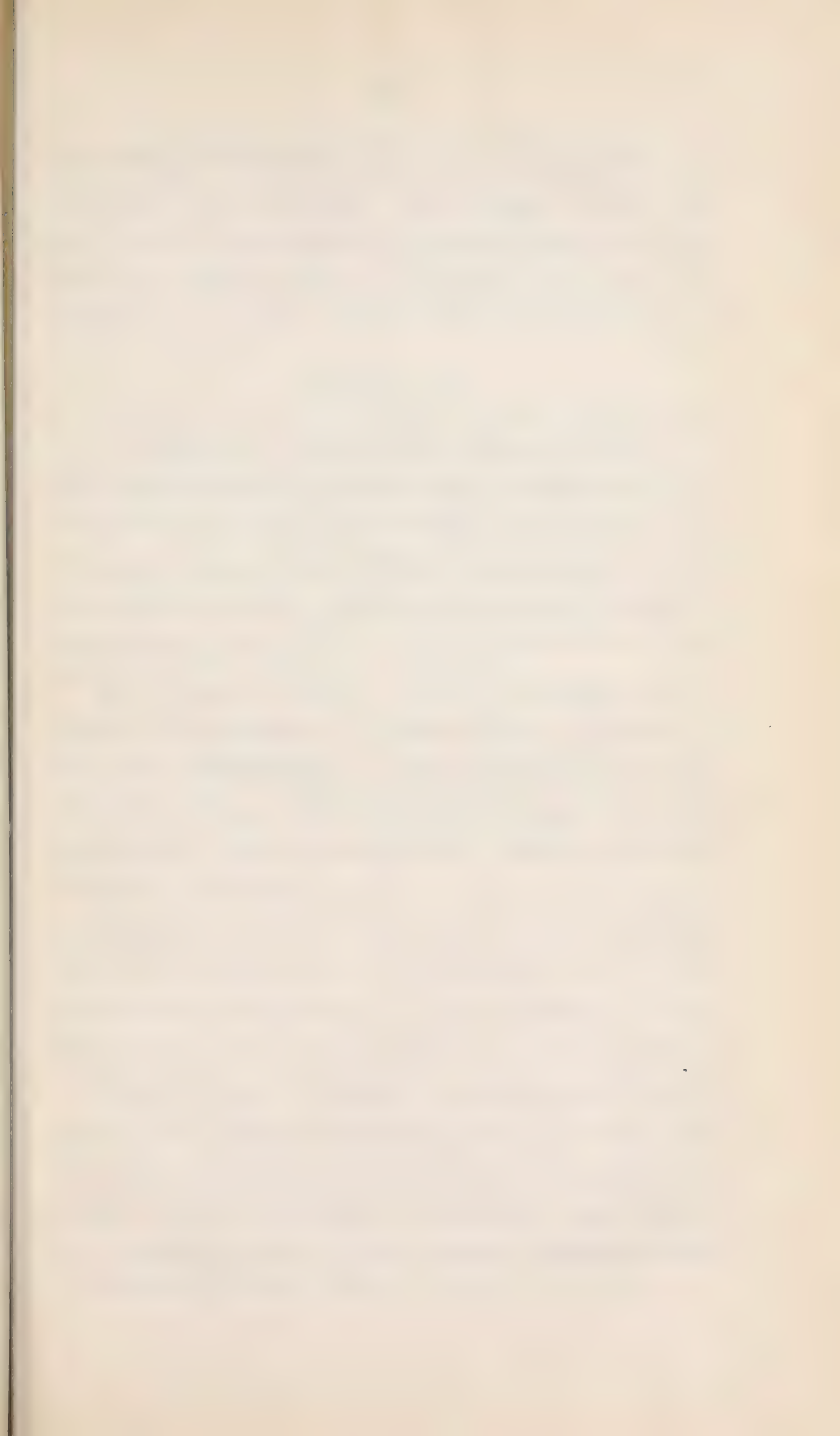
Gleichzeitig mit der Ausbildung der Spore gehen auch in der Hülle auffallende Veränderungen vor sich. Die der Spore zugewendete und an die Sporenhaut angedrückte Seite der Hüllzellen verholzt und färbt sich gleichzeitig braun oder schwarz, während der übrige Theil der Zellhaut derselben membranös und durchscheinend bleibt. So scheidet sich die Hülle in eine äufsere membranöse und eine innere stein- oder nufsartige. Zwischen beiden, d. i. in den Höhlungen der Zellen selbst und zwar auf der inneren Seite derselben, bildet sich bei den meisten Arten der Gattung *Chara* (z. B. bei *Ch. hispida* und *foetida*) eine Kalkablagerung, durch welche eine mittlere, graue und zerbrechliche, krustenartige Hülle entsteht. Allen Nitellen und manchen zur Incrustation weniger geneigten Chara-Arten fehlt die Kalkschale des Nüfschens. Eine weitere Beschreibung dieser Verhältnifse würde zu weit führen.

Zum Schlufse stelle ich noch eine Frage, deren sichere Beantwortung der Zukunft vorbehalten ist. Tritt in der Sporenzelle vielleicht zur Zeit der Keimung eine Rotation ein? Bei bereits in der Keimung vorgeschrittenen Pflänzchen soll nach Schultz ([2]) in der kurzen Zelle, welche in der Sporenhülle zurückbleibt, wenn das aus der Spitze der Spore sich entwickelnde junge Pflänzchen hervorgetreten ist,

---

([1]) Vergl. Hofmeister, Beiträge zur Kenntnifs der Gefäfscryp.

([2]) Die Natur der leb. Pflanze II. p. 471.





ein Kreislauf sichtbar sein, was, wenn es sich bestätigte, einen solchen auch in der noch ungetheilten, zur Keimung sich anschickenden Spore allerdings wahrscheinlich machen würde. Allein mir ist es, ungeachtet ich zahlreiche Sporenhüllen keimender Charen gespalten habe, niemals geglückt die von Schultz angegebene Strömung in der Basilarzelle der Keimpflanze zu sehen.

Nachtrag.

Im Laufe des vorigen Sommers habe ich einige Erscheinungen beobachtet, die mir bei der früheren Darstellung der Strömungsverhältnifse im vegativen Bau der Charen noch unbekannt waren und die ich hier nachträglich den übrigen einreihe.

$7\frac{1}{2}$. In der Verbindungszelle des Basilarknotens des Blatts mit dem Stengelknoten ist die Strömungsebene im Verhältnifs zum Längenwachsthum des Blatts horizontal, im Verhältnfs zum Stengel senkrecht und parallel der Peripherie des Stengels.

Bei *Ch. Baueri* habe ich unter der vielzelligen Scheibe, welche den Basilarknoten des Blattes bildet, wiederholt eine kurz-ovale, plattgedrückte Zelle mit deutlicher Rotation durchschimmern sehen. Da die Rotation in dieser Zelle nicht horizontal zum Stengel, sondern horizontal zum Blatt sich verhält, glaube ich sie nicht dem Stengelknoten, sondern der Blattbasis zurechnen zu müssen.

$11\frac{1}{2}$. In der Centralstelle, welche je vier Rindenzellen des Blatts unter der Ursprungszelle des Blättchens verbindet (d. i. der Centralzelle des Basilarknotens des Blättchens) ist die Strömung in Beziehung zum Blättchen horizontal (in Beziehung zum Blatt senkrecht und parallel der Peripherie desselben.

Bei *Ch. fragilis*, an welcher ich die angegebene Strömung sah, ist diese Zelle von den Rändern der 4 unter dem Blättchen sich verbindenden Rindenzellen überwölbt, sie ist fast kreisrund, scheibenförmig und von geringerem Umfang als die darüber liegende Ansatzfläche des Blättchens. Die Wendung der Strömung ist nicht constant, sondern ohne gesetzmäfsige Vertheilung rechts oder links.

Endlich habe ich zu den unter Nummer 11 im vierten Absatz der Anmerkungen erwähnten, vom gewöhnlichen Fall abweichenden Theilungsverhältnissen der Basilarknoten der Blättchen noch einen Fall nachzutragen, der das Gegentheil des von *Ch. crinita* angeführten darstellt. Er findet sich bei *Ch. Baueri* und besteht darin, dafs der Basilarknoten nur 2 peripherische Zellen bildet, welche rechts und links von der Centralzelle stehen und sich nicht als Rindenzellen über die Glieder ausbreiten, sondern kurz und fast viereckig bleiben. Die Strömung in denselben verhält sich wie in den zwei oberen Rindenzellen der vierzelligen Rindentäfelchen anderer Arten, indem der absteigende Strom sich auf der Seite der Centralzelle, der aufsteigende auf der abgewendeten Seite befindet.

20. Jan. Gesammtsitzung der Akademie.

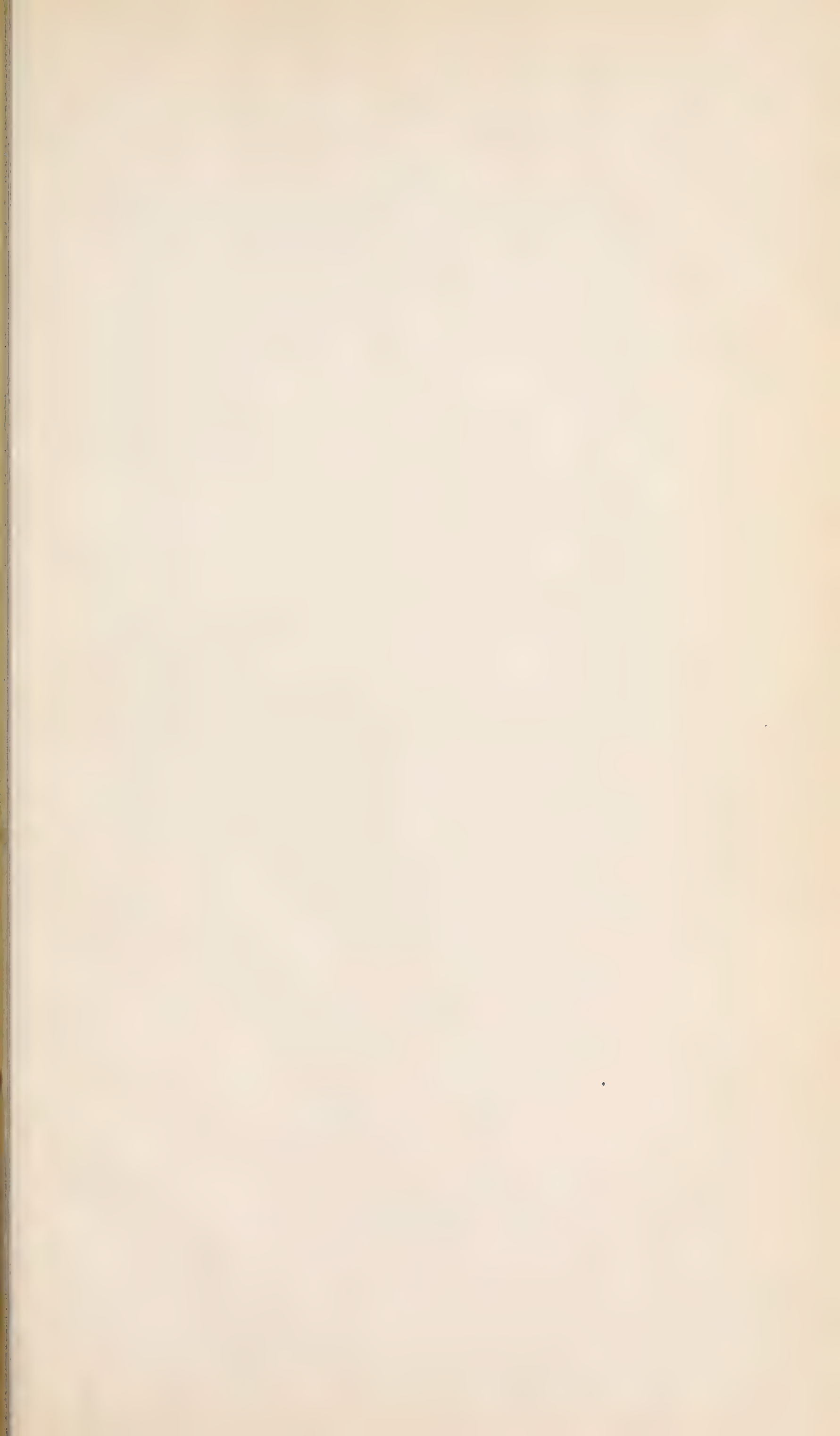
Hr. du Bois-Reymond theilte die zweite Hälfte der dritten Fortsetzung seiner Untersuchungen über thierische Elektricität mit. Die ganze Abhandlung folgt hier.

In meiner vorigen Abhandlung (1) habe ich die Versuche beschrieben, die ich angestellt habe, um bei erschlafften Muskeln den Muskelstrom von den Gliedmafsen des lebenden unversehrten Menschen abzuleiten. Es ergab sich bald, dafs am Menschen, wie am Frosch, zwei Hautstellen im Allgemeinen nicht können zum Kreise geschlossen werden, ohne dafs ein Strom entstehe. In vielen Fällen war dabei ohne Weiteres klar, dafs dieser Strom mit den Muskeln nichts zu schaffen habe, sondern von der Haut selber auf irgend eine Art erzeugt werde. Da sich aber nicht zugleich beim Menschen, wie beim Frosch (2), ein Mittel vorfand, die Haut ihrer elektromotorischen Wirksamkeit zu berauben, so war die erste Aufgabe die, diese Wirksamkeit genau genug zu erforschen, um vor Täuschungen durch dieselbe gesichert zu sein.

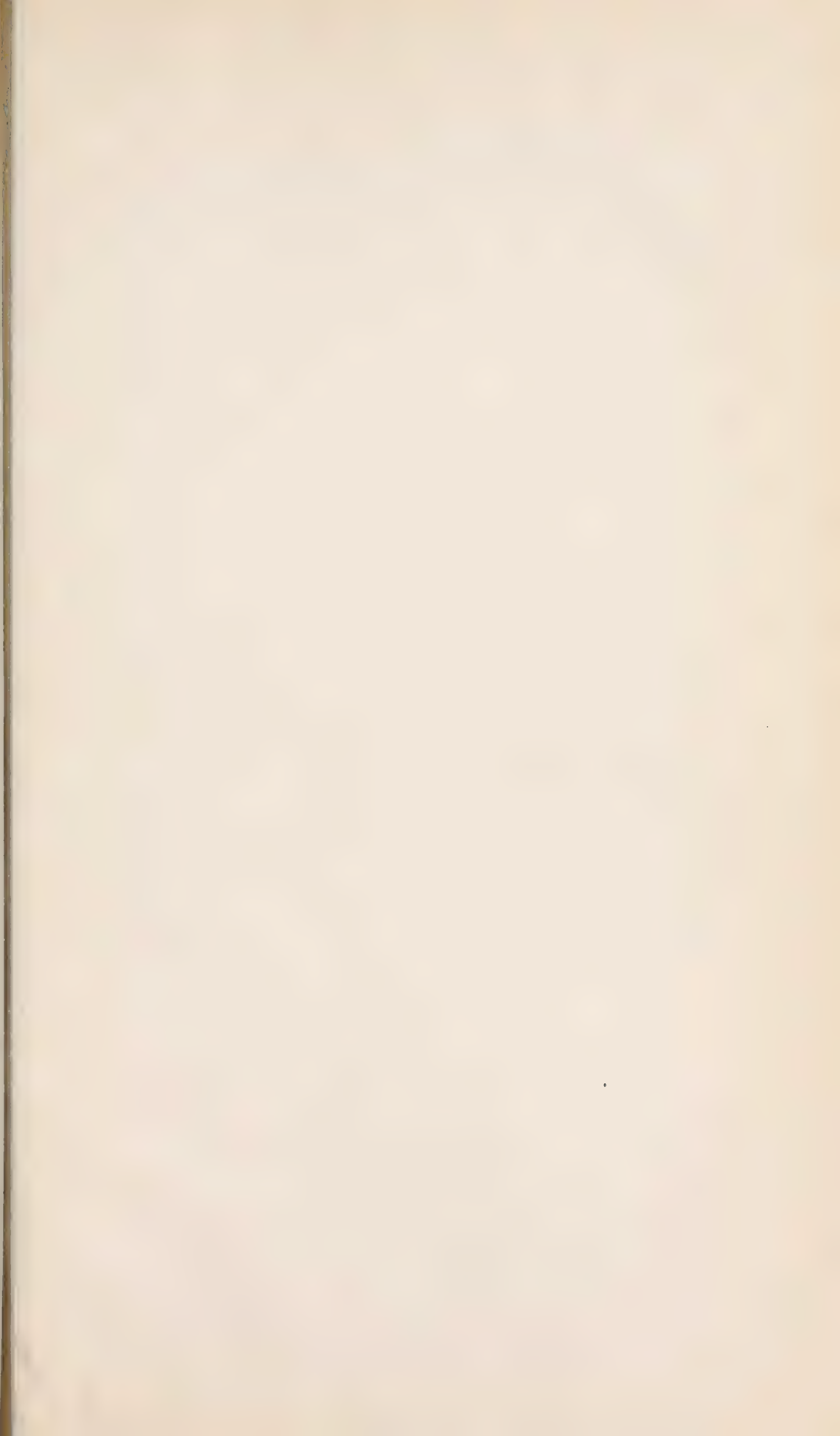
Die Erforschung begann damit, die Umstände zu ermitteln, wodurch symmetrische Hautstellen, die man von vorn herein für gleichartig halten sollte, miteinander elektromotorisch

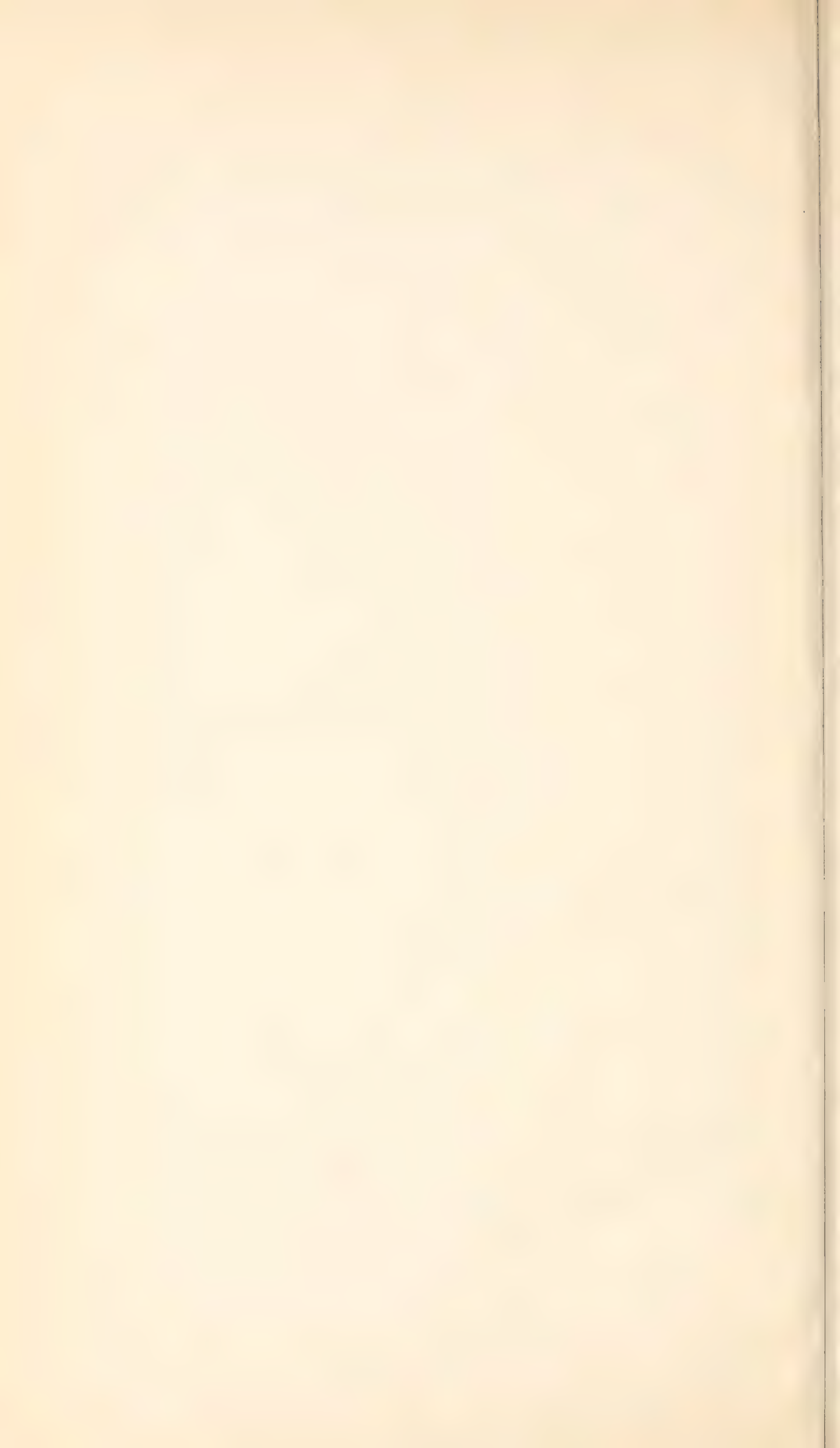
(1) Jahrgang 1852, 15. März. S. 111.

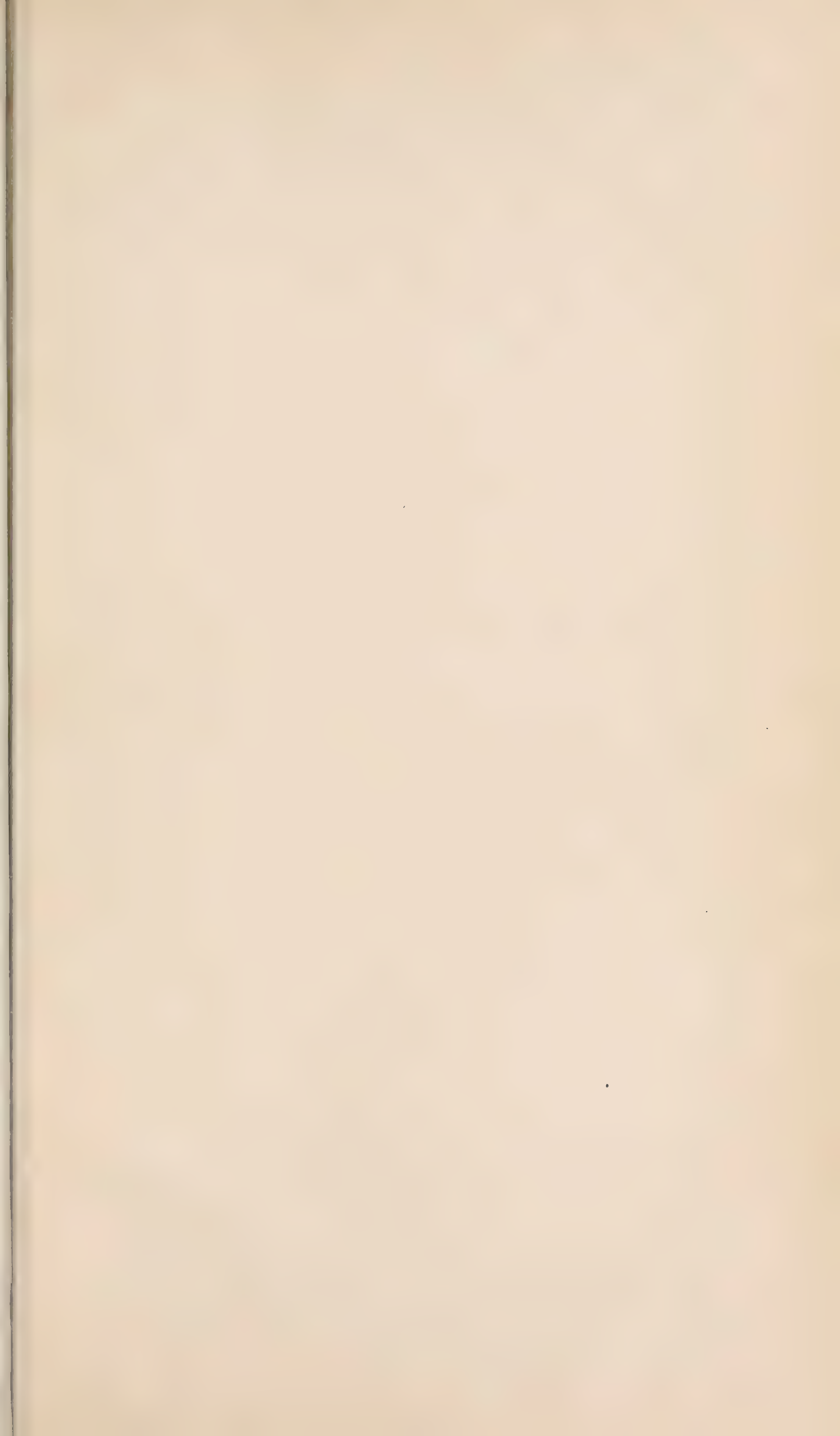
(2) Jahrgang 1851, 30. Juni. S. 383.







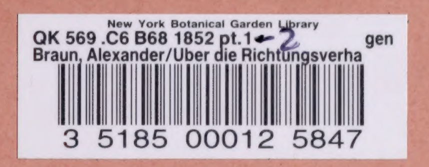











New York Botanical Garden Library
QK 569 .C6 B68 1852 pt.1-2 gen
Braun, Alexander/Uber die Richtungsverha
3 5185 00012 5847

